# Indices d'abondance et de recrutement à la pêche du homard (*Homarus americanus*) en Gaspésie (Québec), de 2007 à 2011

Benoît Bruneau et Louise Gendron

Direction régionale des Sciences
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

2012

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 3015

Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada

Canada

**Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques**

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

**Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences**

Technical reports contain scientific and technical information that contribute to existing knowledge but that are not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien
des sciences halieutiques et aquatiques 3015

2012

# Indices d'abondance et de recrutement à la pêche du homard (*Homarus americanus*) en Gaspésie (Québec), de 2007 à 2011

Benoît Bruneau et Louise Gendron

Direction régionale des Sciences
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2012

No. de cat. Fs 97-6/3015F ISSN 0706-6457 version imprimée
No. de cat. Fs 97-6/3015F-PDF ISSN 1488-5379 version électronique

On devra citer la publication comme suit :

Bruneau, B. et L. Gendron. 2012. Indices d'abondance et de recrutement à la pêche du homard (*Homarus americanus*) en Gaspésie (Québec), de 2007 à 2011. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3015 : x + 84p.

This publication is also available in English

# TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX ..... iv

LISTE DES FIGURES ..... v

LISTE DES ANNEXES ..... vii

RÉSUMÉ ..... ix

ABSTRACT ..... x

1.0 INTRODUCTION ..... 1

2.0 MATÉRIEL ET MÉTHODES ..... 4

2.1 Échantillonnage ..... 4

2.2 Informations recueillies ..... 8

2.3 Analyse des données ..... 11

2.3.1 Variations spatio-temporelles de l'abondance ..... 11

2.3.2 Structure spatio-temporelle ..... 15

2.3.3 Outil de prévision du recrutement à la pêche ..... 15

3.0 RÉSULTATS ..... 16

3.1 Aperçu général ..... 16

3.2 Variations spatio-temporelles de l'abondance (PUE) ..... 20

3.2.1 Analyses de variance ..... 20

3.2.2 Tendances globales ..... 29

3.3 Structure spatio-temporelle ..... 30

3.4 Outil de prévision du recrutement à la pêche ..... 31

3.4.1. Prévisions – sous-zones ..... 31

3.4.2. Prévisions – zones 20A et 20B ..... 37

4.0 DISCUSSION ..... 39

4.1 Mesure de l'indice d'abondance (PUE) ..... 39

4.2 Variations spatio-temporelles de l'abondance (PUE) ..... 42

4.3 Indicateur de recrutement ..... 45

5.0 CONCLUSION ..... 47

6.0 REMERCIEMENTS ..... 48

7.0 RÉFÉRENCES ..... 49

8.0 ANNEXES ..... 52

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Nombre de pêcheurs ayant participé à la collecte de données par sous-zone de pêche et par année. ....4

Tableau 2. Longueur de carapace (mm) et catégories de homard correspondant aux différentes classes de tailles du gabarit 1 à 12 (2007 à 2008) et 1 à 14 (2009 à 2011)...8

Tableau 3. Pourcentage de pêcheurs (nombre entre parenthèses) ayant fourni, pour chaque année, les informations demandées dans le formulaire: pêcheurs ayant fourni le poids de la capture commerciale journalière pour au moins 85 % des jours de pêche de la saison, pêcheurs n'ayant inscrit aucune donnée sur leur capture journalière et pêcheurs n'ayant fourni aucune donnée de position (latitude et longitude). ....9

Tableau 4. Nombre total de casiers expérimentaux (réguliers + modifiés) levés pour chaque sous-zone de pêche de 2007 à 2011. Le nombre de casiers réguliers et modifiés levés a été le même. ....10

Tableau 5. PUE annuelles globales de homard (nombre total de homards/nombre total de casiers) pour les prérecrues 2 (classes de taille 1 à 3) et 1 (classe de taille 4), les homards des tailles commerciales (classes de taille 5 à 13 excluant les femelles œuvées) et les femelles œuvées. Les valeurs moyennes sont estimées par type de casier (réguliers et modifiés). La colonne M/R représente le rapport entre les PUE des casiers modifiés et les PUE des casiers réguliers. ....19

Tableau 6. Résultats des analyses vérifiant les conditions d'application de l'ANOVA pour chaque catégorie de homard. « Trans » sont les transformations mathématiques appliquées aux données, où « y » est la variable dépendante. B-F est la valeur du « p » du test de Brown-Forsythe. Les valeurs de « p » pour tester l'asymétrie, l'aplatissement (kurtosis) et le test omnibus de D'Agostino-Pearson sont aussi présentées. ....20

Tableau 7. Résultats des ANOVA à trois facteurs (Zone, Année et Période) effectuées sur les PUE des différentes catégories de homard (COM, PRE1, PRE2 et FO)....21

Tableau 8. Résultats des régressions linéaires calculées entre les PUE moyennes des différents catégories de homard pour l'ensemble de la ZPH 20 et l'année. ....30

Tableau 9. Coefficients de corrélation (r) entre l'abondance de homard dans les différentes sous-zones entre deux années consécutives, pour chaque catégorie de homard. La valeur de p est indiquée pour chaque coefficient de corrélation (r). ....31

Tableau 10. Résultats des régressions linéaires calculées entre les différentes catégories (classes) de homard pour des intervalles de temps de 1 ou 2 ans. Les résultats sont basés sur les PUE moyennes annuelles estimées par sous-zone. ....33

Tableau 11. Résultats des régressions linéaires entre les différentes catégories de homard pour des intervalles de temps de 1 ou 2 ans. Les résultats sont basés sur les PUE moyennes annuelles estimées par zone. ..... 37

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation des sous-zones de pêche au homard de la Gaspésie, zone 20A (sous-zones A1 à A10), zone 20B (sous-zones B1 à B8), zone 21 (sous-zones A et B) et 19 C (Gaspé-Nord). Il est à noter qu'il y a chevauchement de la sous-zone 20B6 avec les sous- zones adjacentes 20B5 et 20B7 ..... 3

. Copie du formulaire du journal de bord qui a été rempli sur une base quotidienne par les pêcheurs participant au projet ..... 6

Figure 3. Photographie du gabarit utilisé par les pêcheurs pour mesurer les homards (taille de la carapace) selon 12 (2007 à 2008) ou 14 (2009 et 2011) classes de tailles. .7

Figure 4. Évolution de la participation à l'échantillonnage avec les casiers expérimentaux de 2007 à 2011 : nombre total de pêcheurs (Pêcheurs) à chaque année, nombre de pêcheurs ayant participé au cours des cinq années (Pêcheurs communs) et nombre de sous-zones échantillonnées par année (Sous-zones). ..... 11

Figure 5. PUE annuelles globales de mâles et de femelles non œuvées (n-o) (nombre total de homards capturés/nombre total de casiers) par classe de tailles en fonction du type de casier pour les années 2007 à 2011. La ligne grise pointillée sépare les homards prérecrues des homards de taille commerciale. Pour chaque année et chaque catégorie, le nombre de homards, le nombre total de casiers levés et le pourcentage de mâles et femelles n-o observé dans la capture totale de l'année sont indiqués. ..... 17

Figure 6. PUE annuelles globales de femelles œuvées (nombre total de homards capturés/nombre total de casiers) par classe de tailles en fonction du type de casier pour les années 2007 à 2011. La ligne grise pointillée sépare les homards prérecrues de homards de taille commerciale. Pour chaque année, le nombre de homards, le nombre total de casiers et le pourcentage de femelles œuvées observé dans la capture totale de l'année sont indiqués. ..... 18

Figure 7. PUE moyennes en nombre/casier (+ erreur-type) des COM estimées par sous-zone pour les années 2007 à 2011. Les lignes horizontales sont, respectivement du haut vers le bas, les 75$^{e}$, 50$^{e}$ (médiane) et 25$^{e}$ centiles. (PUE des casiers réguliers) ....23

Figure 8. PUE moyennes en nombre/casier (+ erreur-type) des PRE1 estimées par sous-zone pour les années 2007 à 2011. Les lignes horizontales sont, respectivement du haut vers le bas, les 75$^{e}$, 50$^{e}$ (médiane) et 25$^{e}$ centiles. (PUE des casiers modifiés) ....25

Figure 9. PUE annuelles moyennes en nombre/casier (+ erreur-type) des PRE2 estimées par sous-zone pour les années 2007 à 2011. Les lignes horizontales sont, respectivement du haut vers le bas, les 75$^{e}$, 50$^{e}$ (médiane) et 25$^{e}$ centiles. (PUE des casiers modifiés) ..... 27

Figure 10. PUE moyennes en nombre/casier (+ erreur-type) des FO estimées par sous-zone pour les années 2007 à 2011. Les lignes horizontales sont, respectivement du haut vers le bas, les $75^e$, $50^e$ (médiane) et $25^e$ centiles. (PUE des casiers modifiés) ....29

Figure 11. PUE moyennes (± intervalle de confiance) pour les quatre catégories de homard (COM, PRE1, PRE2 et FO) de 2007 à 2011. ....30

Figure 12. Relations entre $PRE1_t$ (taille 4) et $COM_{t+1}$ (tailles 5-6). Les points sont des moyennes annuelles par sous-zone. Les chiffres situés sous chaque point représentent l'année au temps « t ». Les zones 20A et 20B sont respectivement présentées en (A) et (B). Les lignes représentent les droites de régression décrites au Tableau 10 (pointillée : $p \geq 0,05$, pleine : $p < 0,05$). Les valeurs extrêmes sont identifiées par « * » et n'ont pas été considérées dans l'analyse. ....34

Figure 13. Relations entre $PRE2_t$ (taille 3) et $PRE1_{t+1}$ (taille 4). Les points sont des moyennes annuelles par sous-zone. Les chiffres situés sous chaque point représentent l'année au temps « t ». Les zones 20A et 20B sont respectivement présentées en (A) et (B). Les lignes représentent les droites de régression décrites au Tableau 10 (pointillée : $p \geq 0,05$, pleine : $p < 0,05$). Les valeurs extrêmes sont identifiées par « * » et n'ont pas été considérées dans l'analyse. ....35

Figure 14. Relations entre $PRE2_t$ (taille 3) et $COM_{t+2}$ (tailles 5-6). Les points sont des moyennes annuelles par sous-zone. Les chiffres situés sous chaque point représentent l'année au temps « t ». Les zones 20A et 20B sont respectivement présentées en (A) et (B). Les lignes représentent les droites de régression décrites au Tableau 10Tableau (pointillée : $p \geq 0,05$, pleine : $p < 0,05$). Les valeurs extrêmes sont identifiées par « * » et n'ont pas été considérées dans l'analyse. ....36

Figure 15. Relations entre $PRE1_t$ (taille 4) et $COM_{t+1}$ (tailles 5-6) pour chaque zone (20A et 20B). Les points sont des moyennes annuelles par zone. Les chiffres situés sous chaque point représentent l'année au temps « t ». Les lignes représentent les droites de régression décrites au Tableau 11 (pointillée : $p \geq 0,05$, pleine : $p < 0,05$). ....37

Figure 16. Relations entre $PRE2_t$ (taille 3) et $PRE1_{t+1}$ (taille 4) pour chaque zone (20A et 20B). Les points sont des moyennes annuelles par zone. Les chiffres situés sous chaque point représentent l'année au temps « t ». Les lignes représentent les droites de régression décrites au Tableau 11 (pointillée : $p \geq 0,05$, pleine : $p < 0,05$). ....38

Figure 17. Relations entre $PRE2_t$ (taille 3) et $COM_{t+2}$ (tailles 5-6) pour chaque zone (20A et 20B). Les points sont des moyennes annuelles par zone. Les chiffres situés sous chaque point représentent l'année au temps « t ». Les lignes représentent les droites de régression décrites au Tableau 11(pointillée : $p \geq 0,05$, pleine : $p < 0,05$). ....38

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Variation de la PUE hebdomadaire des COM pour chaque année. Les données ont été normalisées (centrées et réduites) par sous-zone et par année. Chaque cercle représente une sous-zone différente. ....52

Annexe 2. Variation de la PUE hebdomadaire des PRE1 pour chaque année. Les données ont été normalisées (centrées et réduites) par sous-zone et par année. Chaque cercle représente une sous-zone différente. ....53

Annexe 3. Variation de la PUE hebdomadaire des PRE2 pour chaque année. Les données ont été normalisées (centrées et réduites) par sous-zone et par année. Chaque cercle représente une sous-zone différente. ....54

Annexe 4. Variation de la PUE hebdomadaire des FO pour chaque année. Les données ont été normalisées (centrées et réduites) par sous-zone et par année. Chaque cercle représente une sous-zone différente. ....55

Annexe 5. PUE moyennes en nombre/casier (±erreur-type) pour les catégories COM, PRE1, PRE2 et FO, estimées par sous-zone pour les années 2007 à 2011 ....56

Annexe 6. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interannuelles par sous-zone pour les COM ....58

Annexe 7. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interzonales par année pour les COM. ....59

Annexe 8. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interannuelles par sous-zone pour les PRE1. ....62

Annexe 9. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interzonales par année pour les PRE1. ....63

Annexe 10. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interannuelles par sous-zone pour les PRE2. ....66

Annexe 11. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interzonales par année pour les PRE2. ....67

Annexe 12. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interannuelles par sous-zone pour les FO. ....70

Annexe 13. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interzonales par année pour les FO. ....71

Annexe 14. Relation entre l'abondance des COM des différentes sous-zones pour deux années consécutives. L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles (logarithme népérien) et sont celles qui ont été utilisées dans les analyses de corrélations. Les cercles vides représentent des valeurs extrêmes qui ont été exclues des analyses. ....74

Annexe 15. Relation entre l'abondance des PRE1 de différentes sous-zones pour deux années consécutives. L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles (logarithme népérien) et sont celles qui ont été utilisées dans les analyses de corrélations. Les cercles vides représentent des valeurs extrêmes qui ont été exclues des analyses.....75

Annexe 16. Relation entre l'abondance des PRE2 de différentes sous-zones pour deux années consécutives. L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles (logarithme népérien) et sont celles qui ont été utilisées dans les analyses de corrélations. Les cercles vides représentent des valeurs extrêmes qui ont été exclues des analyses.....76

Annexe 17. Relation entre l'abondance des FO de différentes sous-zones pour deux années consécutives. L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles (logarithme népérien) et sont celles qui ont été utilisées dans les analyses de corrélations. Les cercles vides représentent des valeurs extrêmes qui ont été exclues des analyses.....77

Annexe 18. Relation entre l'abondance différentes catégories de homard (A : COM-PRE1, B : PRE1-PRE2 et C : COM-PRE2). Chaque graphique intègre les cinq années (2007 à 2011). L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles de chaque sous-zone des zones 20A et 20B. .....78

Annexe 19. Relations entre l'abondance de PRE1 (taille 4) et COM (tailles 5-6) pour des années consécutives (t = 2007- 2010 et t+1 = 2008-2011). L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles de chaque sous-zone. Les tendances de chaque sous-zone (A et C) ainsi que les tendances de chaque année (B et D) sont présentées pour chaque zone (20A : A et B , 20B : C et D) et ont été estimées par l'axe principal majeur (« standard major axis »). Les valeurs extrêmes sont identifiées par « * » et n'ont pas été considérés dans les tendances.....79

Annexe 20. Relations entre l'abondance de PRE2 (taille 3) et PRE1 (taille 4) pour des années consécutives (t = 2007- 2010 et t+1 = 2008-2011). L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles de chaque sous-zone. Les tendances de chaque sous-zone (A et C) ainsi que les tendances de chaque année (B et D) sont présentées pour chaque zone (20A : A et B , 20B : C et D) et ont été estimées par l'axe principal majeur (« standard major axis »). Les valeurs extrêmes sont identifiées par « * » et n'ont pas été considérés dans les tendances.....81

Annexe 21. Relations entre l'abondance de PRE2 (taille 3) et COM (tailles 5-6) séparé par un intervalle de deux ans (t = 2007- 2009 et t+2 = 2009-2011). L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles de chaque sous-zone. Les tendances de chaque sous-zone (A et C) ainsi que les tendances de chaque année (B et D) sont présentées pour chaque zone (20A : A et B , 20B : C et D) et ont été estimées par l'axe principal majeur (« standard major axis »). Les valeurs extrêmes sont identifiées par « * » et n'ont pas été considérés dans les tendances. .....83

## RÉSUMÉ

Bruneau, B. et L. Gendron. 2012. Indices d'abondance et de recrutement à la pêche du homard (*Homarus americanus*) en Gaspésie (Québec), de 2007 à 2011. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3015 : x + 84 p.

Entre 2007 et 2011, de 22 à 27 pêcheurs de homard de la Gaspésie (Québec) ont participé à la collecte de données sur le homard sur une base quotidienne durant toute la saison de pêche. L'étude visait à décrire les patrons spatio-temporels de l'abondance de différentes catégories de homard (commerciaux, COM, deux groupes de prérecrues, PRE1 et PRE2, et femelles oeuvées, FO) sur le territoire gaspésien et à développer un indice du recrutement à la pêche permettant de prévoir à court terme (1-2 ans) l'abondance des homards commerciaux qui constitueront les débarquements. Les données ont été obtenues à partir de deux casiers réguliers et deux casiers modifiés (sans évents d'échappement pour retenir les petits homards), disposés en alternance sur une ligne de pêche et relevés quotidiennement. Tous les homards capturés étaient sexés et mesurés à l'aide d'un gabarit gradué. Au cours de l'étude, entre 4 072 et 5 776 casiers expérimentaux ont été levés et entre 11 917 et 18 428 homards ont été capturés et mesurés annuellement. La variabilité dans l'abondance du homard, exprimée en prise par unit d'effort (PUE) (nombre de homard par casier), a été étudiée à l'aide d'une ANOVA à trois facteurs, suivi de comparaisons multiples, afin de faire ressortir les différences entre les 12 sous-zones étudiées pour une même année et entre les années à l'intérieur d'une sous-zone, tout en tenant compte de la variabilité intra-annuelle. Les patrons spatiaux de distribution entre les sous-zones ont été examinés en comparant les PUE des différentes sous-zones aux 25e, 50e et 75e centiles de la distribution de l'ensemble des valeurs de PUE, ainsi que par des analyses de corrélation. Le développement de l'outil de prévision a été fait à l'aide d'analyses de régression entre l'abondance des COM une année donnée et les PRE1 et les PRE2, une et deux années plus tôt, respectivement. Les données recueillies entre 2007 et 2011 ont montré qu'il y a eu au cours cette période, une augmentation de l'abondance du homard dans la majorité des sous-zones. L'étude a aussi révélé une structure spatiale dans la distribution de chacune des catégories de homard avec entre autres des zones qui sembleraient plus favorables pour les PRE et d'autres pour les COM. Il existe une relation positive entre l'abondance des PRE1 d'une année et les homards de taille commerciale l'année suivante à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude. Les relations à l'échelle des sous-zones sont parfois plus difficiles à établir en raison de la possibilité de ségrégation spatiale entre les deux catégories de homard. Une plus longue série temporelle sera cependant nécessaire pour prévoir à plus long terme (2 ans) la tendance dans l'abondance des homards commerciaux.

## ABSTRACT

Bruneau, B. et L. Gendron. 2012. Indices d'abondance et de recrutement à la pêche du homard (*Homarus americanus*) en Gaspésie (Québec), de 2007 à 2011. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3015 : x + 84p.

From 2007 to 2011, between 22 and 27 lobster fishers from the Gaspé (Quebec) collected data on lobster on a daily basis throughout the fishing season. The objectives of the study were to describe the spatio-temporal abundance of different categories of lobster (commercial, COM, two groups of pre-recruits, PRE1 and PRE2, and berried females, FO) along the Gaspé Peninsula and to develop a recruitment index to provide short-term forecasts (1-2 years) of the abundance of commercial lobsters that will constitute the landings. Data were obtained from two regular lobster traps and two modified traps (without escapement vents to retain small lobsters), arranged alternately on a fishing line and hauled each day. All lobster caught were sexed and measured with a calibrated gauge. During the study, between 4072 and 5776 experimental traps were hauled and between 11,917 and 18,428 lobsters were captured and measured annually. Variability in the abundance of lobster, expressed in catch per unit of effort (CPUE) (number of lobster per trap) was studied using a three-way ANOVA followed by multiple comparisons tests to highlight the differences between the 12 sub-areas studied for a given year and between years within a sub-area, taking into account inter-annual variability. Spatial patterns of distribution were examined by comparing the CPUE of the different sub-areas to the 25$^{th}$, 50$^{th}$ and 75$^{th}$ percentiles of the distribution of all CPUE values, as well by using correlation analyses. The development of a forecasting tool was explored using regression analysis between the abundance of COM for a given year to that of PRE1 and PRE2, one and two years earlier, respectively. Data collected between 2007 and 2011 showed that during the study period, there was an increase in lobster abundance (all categories) in the majority of sub-areas. The study also revealed a spatial structure in the distribution of each category of lobster suggesting that certain areas could perhaps be more favorable for PRE and others for COM. There was a positive relationship between the abundance of PRE1 a given year and COM the following year across the entire study area. Relationships at the sub-area scale may be more difficult to establish because of the possibility of spatial segregation between the two categories of lobster. A longer time series is needed however to provide longer-term (2 years) forecast of the trend in the abundance of commercial lobster.

# 1.0 INTRODUCTION

La pêche au homard en Gaspésie (Québec), tout comme celles de la majorité des zones de pêche (ZPH) de l'Atlantique, est considérée comme étant une pêche de recrutement (Gendron et Savard 2012, CCRH 1995 et 2007). Les indicateurs de la pression de pêche (taux d'exploitation) estimés au cours des récentes années (2005 à 2010) variaient entre 77 et 84 % (Gendron et Savard 2012). La pêche d'une année donnée dépend donc en grande partie des homards qui auront mué à la taille commerciale l'année précédente. Il existe en Gaspésie, depuis 1986, un programme de monitorage des captures commerciales de homard qui permet d'obtenir des informations sur les populations de homard et de calculer des indicateurs de l'état des stocks. Ce programme d'échantillonnage touche principalement la fraction commerciale de la population de homard car il est réalisé à partir d'engins de pêche commerciaux qui sont très sélectifs quant aux tailles retenues (Gauthier et Hazel 1986). Ces engins ne fournissent que très peu d'information sur les homards de taille inférieure à la taille commerciale. Par ailleurs, le programme d'échantillonnage n'est appliqué que sur une petite échelle spatiale et ne couvre que 0,14 % des sorties de pêche.

L'acquisition de données sur la fraction de la population de homard constituant le futur recrutement à la pêche (homards sublégaux, appelés ci-après prérecrues) est importante et d'une grande utilité pour l'industrie de la pêche. Elle ne se fait pas encore en Gaspésie, contrairement à d'autres régions, notamment aux Îles-de-la-Madeleine avec un chalut (Gendron et Savard 2012). Dans les Maritimes, on fait l'acquisition de données sur les prérecrues depuis plusieurs années au moyen de casiers qui sont modifiés pour retenir les petits homards. En 1999, un programme de monitorage des prérecrues a été mis en place dans les régions côtières du sud du golfe du Saint-Laurent, dans le cadre d'une collaboration entre l'industrie et le Ministère des Pêches et des Océans (MPO) (région du Golfe). Ce programme est axé sur l'échantillonnage des homards prérecrues à l'aide de casiers dont les évents d'échappement sont bouchés (Comeau *et al.* 2008). L'utilisation de ces casiers favorise la rétention des homards de taille inférieure à la taille commerciale. Ce projet a été mis en œuvre dans le but d'obtenir un indice de recrutement permettant de prévoir à court terme (1-2 ans) la tendance dans les débarquements. L'échantillonnage est effectué par les pêcheurs eux-mêmes pendant toute la saison de pêche et les pêcheurs recueillent les données dans un journal de bord. Leur participation se fait sur une base volontaire. La participation de nombreux pêcheurs au projet a permis

jusqu'à présent d'obtenir une vaste couverture spatiale et temporelle. Des échantillonnages similaires sont effectués aussi depuis 2005 à Terre-Neuve, depuis 1999 en Nouvelle-Écosse par le « Fishermen and Scientitst Research Society » (FSRS) (Mac Donald *et al.* 2001, Tremblay *et al.* 2011, 2012), ainsi qu'au Maine (É.-U.) (Ellis et Pelletier 2009).

Basé sur le projet décrit par Comeau *et al.* (2008), le présent projet a été initié en 2006, avec la collaboration de plusieurs pêcheurs de homard provenant des différentes sous-zones de pêche de la Gaspésie (Figure 1) à qui on a demandé de pêcher avec des engins modifiés (évents d'échappement bouchés). Le premier objectif de cette étude était d'obtenir des indices d'abondance du homard, non seulement de homards commerciaux, mais aussi des homards prérecrues et de femelles œuvées, sur un plus vaste territoire que celui couvert par le programme d'échantillonnage du MPO afin d'explorer les patrons spatiaux de distribution et suivre les fluctuations interannuelles. Le deuxième objectif était de développer un indice de recrutement à la pêche afin de prévoir à court terme (1-2 ans) l'abondance de homards commerciaux qui constitueront les débarquements. Une grande partie du travail a aussi porté sur le développement d'une méthodologie d'analyse statistique des données qui tient compte de la nature et des limitations de ces dernières.

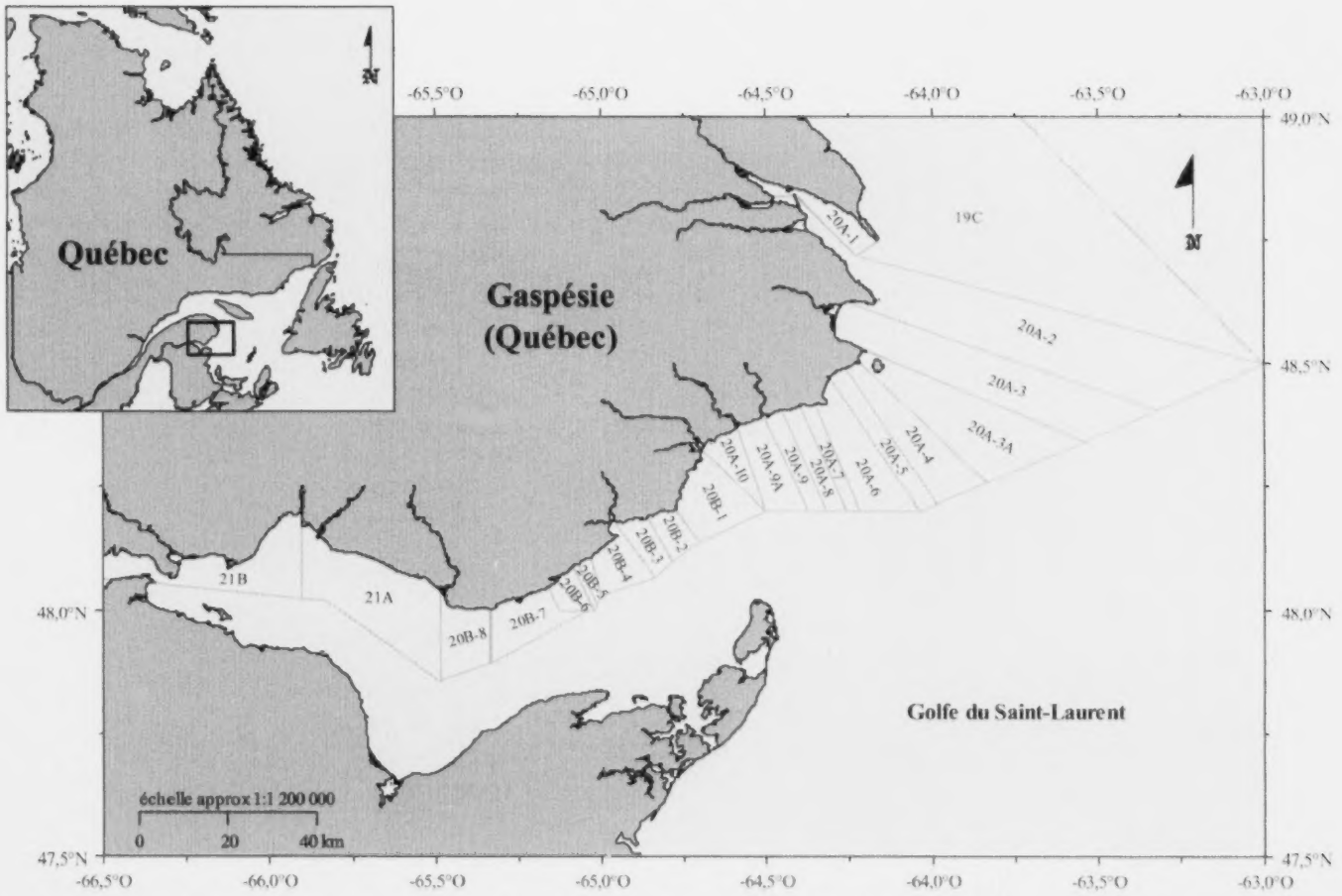



Figure 1. Localisation des sous-zones de pêche au homard de la Gaspésie, zone 20A (sous-zones A1 à A10), zone 20B (sous-zones B1 à B8), zone 21 (sous-zones A et B) et 19 C (Gaspé-Nord). Il est à noter qu'il y a chevauchement de la sous-zone 20B6 avec les sous- zones adjacentes 20B5 et 20B7.

# 2.0 MATÉRIEL ET MÉTHODES

## 2.1 ÉCHANTILLONNAGE

L'acquisition des données a été faite lors des saisons de pêche (fin avril au début juillet) de 2006 à 2011. Il faut noter qu'en 2006, l'année de la mise en place du programme, il n'y a pratiquement pas eu d'échantillonnage pendant les trois premières semaines de la saison en raison de la distribution tardive des journaux de bord. Conséquemment, les données de la saison 2006 n'ont pas été utilisées dans cette étude et ne sont pas présentées. L'échantillonnage a été réalisé par des pêcheurs dont la participation était volontaire. Chaque pêcheur couvrait la sous-zone de pêche correspondant à son permis. Selon le degré de participation, chaque sous-zone pouvait compter jusqu'à trois participants (Tableau 1). Par contre, bien qu'un minimum de deux pêcheurs par sous-zones fût visé, dans bien des cas, il n'y a eu qu'un seul participant.

Tableau 1. Nombre de pêcheurs ayant participé à la collecte de données par sous-zone de pêche et par année.

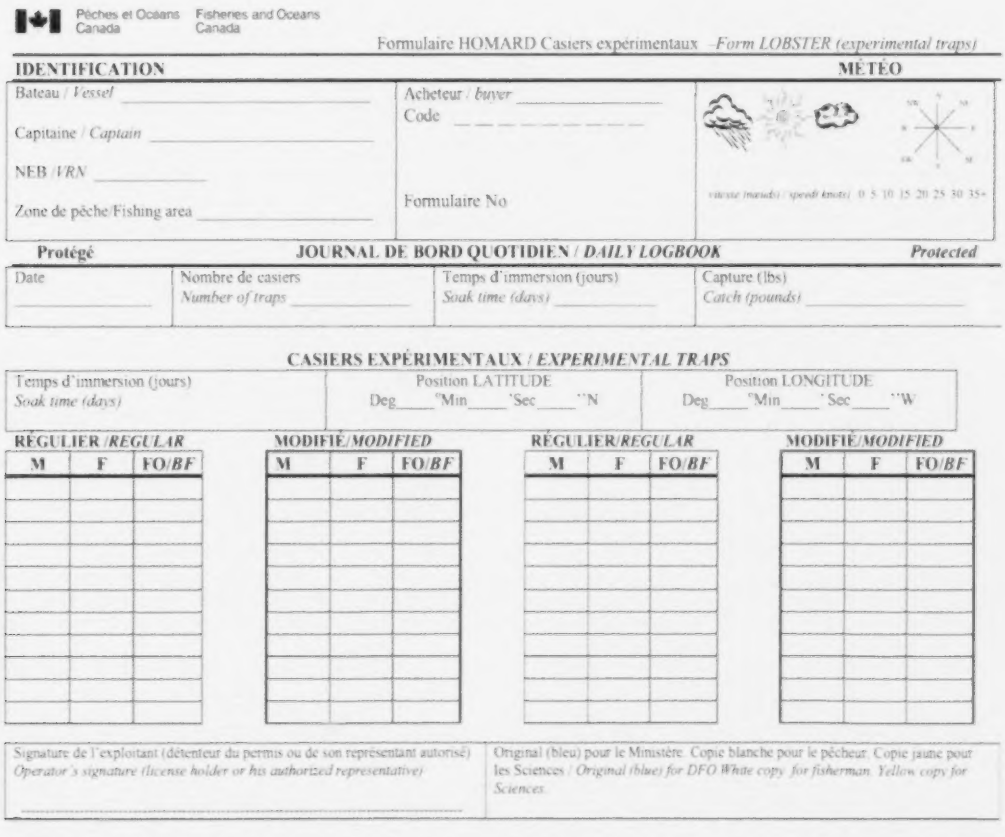
| Sous-zones de pêche | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|---|---|---|---|---|
| 19C1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20A1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| 20A2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20A3A | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 20A4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| 20A5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 20A6 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 20A7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20A8 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 20A9 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 20A9A | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 20A10 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 20B1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 20B2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 20B3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 20B4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 20B5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20B6 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| Total | 27 | 25 | 27 | 22 | 27 |

L'échantillonnage a été fait avec quatre casiers appelés ci-après casiers expérimentaux. Deux de ces quatre casiers avaient les évents d'échappement bouchés (casiers modifiés) afin d'augmenter la rétention des homards de petite taille. Les deux autres n'étaient pas modifiés (casiers réguliers). Les casiers étaient disposés en alternance (régulier et modifié) au début d'une ligne de pêche qui en avait généralement six. Ils étaient relevés à la même fréquence que les autres casiers tout au long de la saison. La ligne de casiers expérimentaux était en principe distribuée aléatoirement parmi les autres lignes de casiers. Les pêcheurs utilisaient leurs propres casiers. Ainsi, les dimensions pouvaient varier un peu selon les pêcheurs (55,3 ± 0,4 cm de largeur × 88,8 ± 1,1 cm de longueur × 43,4 ± 1,6 cm de hauteur), mais en-deçà des limites imposées par la règlementation en vigueur, soit 61 cm de largeur × 92 cm de longueur × 50 cm de hauteur. Tous les casiers n'étaient munis que d'un seul salon. Ils pouvaient cependant différer selon les pêcheurs, dans leur forme (hémicylindrique ou rectangulaire) et le matériau utilisé (bois ou métal). Cependant, toutes ces différentes ont été considérées comme étant mineures et pour les analyses, on a postulé que les différents casiers utilisés étaient équivalents en termes d'efficacité. Des changements dans les rendements ont déjà été observés en fonction de la taille ou du volume des casiers, mais seulement lorsque les différences dans les dimensions étaient plus marquées (Gendron et Dallaire 1992, Gendron et Grégoire 2009).

Avant le début de chaque saison de pêche, tous les participants ont reçu un journal de bord leur permettant de consigner les informations recherchées. La première partie du cahier comprenait les instructions complètes pour remplir adéquatement chacune des sections du formulaire journalier. Ces instructions étaient également expliquées lors de rencontres annuelles entre les pêcheurs et les scientifiques du MPO avant l'ouverture de la pêche.

Le formulaire était constitué de quatre sections : Identification du pêcheur, Météo, Journal de bord quotidien et Casiers expérimentaux (Figure 2). La section « Journal de bord quotidien » avait pour but de recueillir des informations sur les activités de pêche commerciale du pêcheur. Cette section contenait la date, le nombre de casiers levés, le temps d'immersion ainsi qu'une estimation du poids total de homard commercial capturé pour tous les casiers levés. Les conditions météorologiques de la journée devaient aussi être notées (vitesse et direction des vents, couverture nuageuse). La section « Casiers expérimentaux » visait la cueillette d'informations sur les homards capturés par les quatre casiers expérimentaux, la position géographique (latitude, longitude) et le temps d'immersion des casiers, ainsi que sur la taille et la catégorie des homards capturés.

Les homards étaient mesurés à l'aide d'un gabarit (Figure 3) gradué selon 12 (2007 à 2008) et 14 (2009 à 2011) classes de tailles pouvant être regroupées en prérecrues (tailles 1 à 4), commerciaux (tailles 5 à 12) et les homards de grande taille (tailles 13 et plus) (Tableau 2). Les classes de taille permettaient de différencier les homards prérecrues des recrues avec une limite à 82 mm, qui correspond à la taille minimale de capture en vigueur pendant la durée de l'étude. Le groupe des prérecrues a été divisé en deux sous-groupes, soit les prérecrues 1 (taille 4 : homards qui sont à une mue de la taille de recrutement à la pêche) et les prérecrues 2 (tailles 1 à 3: homards qui sont à plus d'une mue de la taille de recrutement à la pêche) (Tableau 2). Les homards commerciaux sont ceux des classes ≥ 5, parmi lesquels on distingue les nouvelles recrues à la pêche (classe 5 pour les femelles et classes 5 et 6 pour les mâles). En général, les classes de taille 3 à 5 (femelles) et 3 à 6 (mâles) correspondent à des clases de mue, selon les taux de croissance rapportés par Gendron et Gagnon (2001). Les classes de tailles 13 (150-155 mm) et 14 (> 155 mm) ont été ajoutées en 2009 et correspondent aux tailles maximales de capture mises en vigueur à partir de 2009 (155 mm), 2010 et 2011 (150 mm).



Pêches et Océans Canada / Fisheries and Oceans Canada

Formulaire HOMARD Casiers expérimentaux – *Form LOBSTER (experimental traps)*

**IDENTIFICATION**

Bateau / *Vessel* _____

Capitaine / *Captain* _____

NEB / *VRN* _____

Zone de pêche/Fishing area _____

Acheteur / *buyer* _____

Code _ _ _ _ _ _ _ _ _

Formulaire No

**MÉTÉO**

vitesse (nœuds) / *speed (knots)* 0 5 10 15 20 25 30 35+

**Protégé** **JOURNAL DE BORD QUOTIDIEN / *DAILY LOGBOOK*** ***Protected***

| Date | Nombre de casiers *Number of traps* | Temps d'immersion (jours) *Soak time (days)* | Capture (lbs) *Catch (pounds)* |
|---|---|---|---|
| _____ | _____ | _____ | _____ |

**CASIERS EXPÉRIMENTAUX / *EXPERIMENTAL TRAPS***

| Temps d'immersion (jours) *Soak time (days)* | Position LATITUDE Deg____°Min____'Sec____"N | Position LONGITUDE Deg____°Min____'Sec____"W |
|---|---|---|
| | | |

| RÉGULIER /*REGULAR* | | | MODIFIÉ/*MODIFIED* | | | RÉGULIER/*REGULAR* | | | MODIFIÉ/*MODIFIED* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M | F | FO/*BF* | M | F | FO/*BF* | M | F | FO/*BF* | M | F | FO/*BF* |
| | | | | | | | | | | | |

Signature de l'exploitant (détenteur du permis ou de son représentant autorisé) *Operator's signature (license holder or his authorized representative)*

Original (bleu) pour le Ministère. Copie blanche pour le pêcheur. Copie jaune pour les Sciences / *Original (blue) for DFO White copy for fisherman. Yellow copy for Sciences.*

Figure 2. Copie du formulaire du journal de bord qui a été rempli sur une base quotidienne par les pêcheurs participant au projet.

Le gabarit était placé parallèlement à la ligne dorsale du homard en appuyant la pointe du gabarit dans le creux de l'orbite de l'œil (Figure 3). La limite de la carapace (Figure 3) était alignée avec le gabarit et la classe de taille vis-à-vis de laquelle se trouvait la limite était notée. La classe de taille de chacun des homards capturés dans chacun des quatre casiers expérimentaux était notée dans la colonne correspondant à sa catégorie, soit M : mâle, F : femelle et FO : femelle œuvée; chaque valeur du tableau correspondant à un individu. Après les mesures, les homards commerciaux étaient gardés par le pêcheur et les autres (femelles œuvées, prérecrues et ceux au-delà de la taille maximale) étaient remis à l'eau.

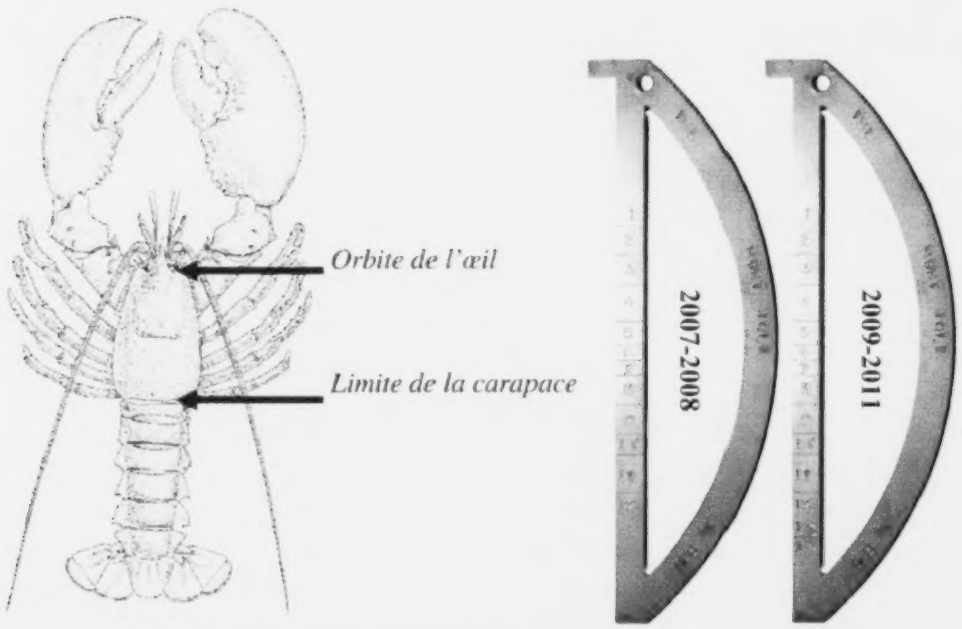



Figure 3. Photographie du gabarit utilisé par les pêcheurs pour mesurer les homards (taille de la carapace) selon 12 (2007 à 2008) ou 14 (2009 et 2011) classes de tailles.

Tableau 2. Longueur de carapace (mm) et catégories de homard correspondant aux différentes classes de tailles du gabarit 1 à 12 (2007 à 2008) et 1 à 14 (2009 à 2011).

| Classes de taille (gabarit) | Taille (Longueur de la carapace, LC) | Catégories de homard |
|---|---|---|
| 1 | $x < 50$ mm | |
| 2 | $50 \leq x < 60$ mm | Prérecrues 2 |
| 3 | $60 \leq x < 70$ mm | |
| 4 | $70 \leq x < 82$ mm | Prérecrues 1 |
| 5[1] | $82 \leq x < 90$ mm | |
| 6[1] | $90 \leq x < 95$ mm | |
| 7 | $95 \leq x < 100$ mm | |
| 8 | $100 \leq x < 110$ mm | Commerciaux |
| 9 | $110 \leq x < 120$ mm | |
| 10 | $120 \leq x < 127$ mm | |
| 11[2] | $127 \leq x < 140$ mm | |
| 12 | ($\geq 140$ mm) / $140 \leq x < 150$ mm | |
| 13 | $150 \leq x < 155$ mm | Grande taille |
| 14 | $x \geq 155$ mm | |

[1] Classes de taille des recrues à la pêche : femelles (5) et mâles (5 et 6)
[2] Taille à partir de laquelle les homards sont communément appelés « Jumbos » par l'industrie

### 2.2 Informations recueillies

La section « Météo » des formulaires journaliers a généralement été ignorée par les participants et les informations recueillies étaient souvent partielles et même totalement manquantes dans certains cas. Ces informations n'ont donc pas été utilisées dans cette étude. La section « Journal de bord quotidien » a été remplie de manière adéquate (i.e., > 85 % des jours de pêche) par environ les trois-quarts des pêcheurs (Tableau 3). Sur les cinq années du programme, en moyenne 86 % des pêcheurs ont rempli cette section. Ces données ne seront pas traitées dans le présent document.

La section « Casiers expérimentaux » a été bien remplie. Le Tableau 4 montre le nombre total (réguliers + modifiés) de casiers relevés de 2007 à 2011 dans chaque sous-zone. La participation a été relativement constante à l'exception de l'année 2010 où le nombre de participants a diminué de façon importante, passant de 27 pêcheurs en 2009 à 22 pêcheurs en 2010 (Figure 4). Le nombre de sous-zones couvertes a varié entre 15 et 18 de 2007 à 2011. Le nombre de pêcheurs ayant participé à l'échantillonnage expérimental pour toutes les années (2007 à 2011) est de 16 (Figure 4). Un effort de recrutement a été nécessaire à chaque année afin de maintenir un nombre suffisant de participants.

La formation donnée aux pêcheurs avant le début de la saison de pêche ainsi que les contacts subséquents par téléphone permettent de penser que l'absence de données pour un casier correspond au fait qu'il n'y avait pas de homard dans le casier. Dans le cadre de cette étude, nous avons postulé qu'il n'y a pas eu d'oublis.

Finalement, en ce qui concerne la position géographique notée dans cette section, plus de la moitié des pêcheurs n'y ont pas inscrit de données (Tableau 3). Toutefois, ceux qui y ont inscrit des coordonnées géographiques l'ont fait en moyenne pour plus de la moitié de la saison (57% en 2007, 66% en 2008 et 59% en 2009, 55 % en 2010 et 73% en 2011).

Tableau 3. Pourcentage de pêcheurs (nombre entre parenthèses) ayant fourni, pour chaque année, les informations demandées dans le formulaire: pêcheurs ayant fourni le poids de la capture commerciale journalière pour au moins 85 % des jours de pêche de la saison, pêcheurs n'ayant inscrit aucune donnée sur leur capture journalière et pêcheurs n'ayant fourni aucune donnée de position (latitude et longitude).

| Année | Poids de la capture commerciale | | Coordonnées |
|---|---|---|---|
| | ≥ 85% des jours de pêche | Aucune donnée | Aucune donnée |
| 2007 | 74 (20) | 15 (4) | 52 (14) |
| 2008 | 72 (18) | 12 (3) | 48 (12) |
| 2009 | 85 (23) | 7 (2) | 59 (16) |
| 2010 | 82 (18) | 9 (2) | 50 (11) |
| 2011 | 69 (11) | 25 (4) | 37 (10) |
| Moyenne | 76% | 14% | 49% |

Tableau 4. Nombre total de casiers expérimentaux (réguliers + modifiés) levés pour chaque sous-zone de pêche de 2007 à 2011. Le nombre de casiers réguliers et modifiés levés a été le même.

| Sous-zones de pêche | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|---|---|---|---|---|
| 19C1 | 104 | 120 | 140 | 148 | 180 |
| 20A1 | | | 244 | 80 | 236 |
| 20A2 | 192 | 136 | 232 | 244 | 260 |
| 20A3A | 260 | 140 | 216 | | |
| 20A4 | 480 | 412 | 200 | 244 | 392 |
| 20A5 | 404 | 240 | 408 | 444 | 416 |
| 20A6 | 452 | 308 | 224 | 240 | 208 |
| 20A7 | 220 | 176 | 220 | 200 | 220 |
| 20A8 | 484 | 244 | 444 | 440 | 432 |
| 20A9 | 636 | 340 | 452 | 480 | 568 |
| 20A9A | 368 | 328 | 324 | 196 | 428 |
| 20A10 | 420 | | 236 | | 256 |
| 20B1 | 440 | 432 | 496 | 496 | 488 |
| 20B2 | 492 | 408 | 252 | 196 | 256 |
| 20B3 | 268 | 248 | 508 | 528 | 520 |
| 20B4 | 240 | 316 | 456 | 440 | 432 |
| 20B5 | 256 | 224 | 240 | 236 | 256 |
| 20B6 | | | 328 | 232 | 228 |
| Total | 5716 | 4072 | 5620 | 4844 | 5776 |

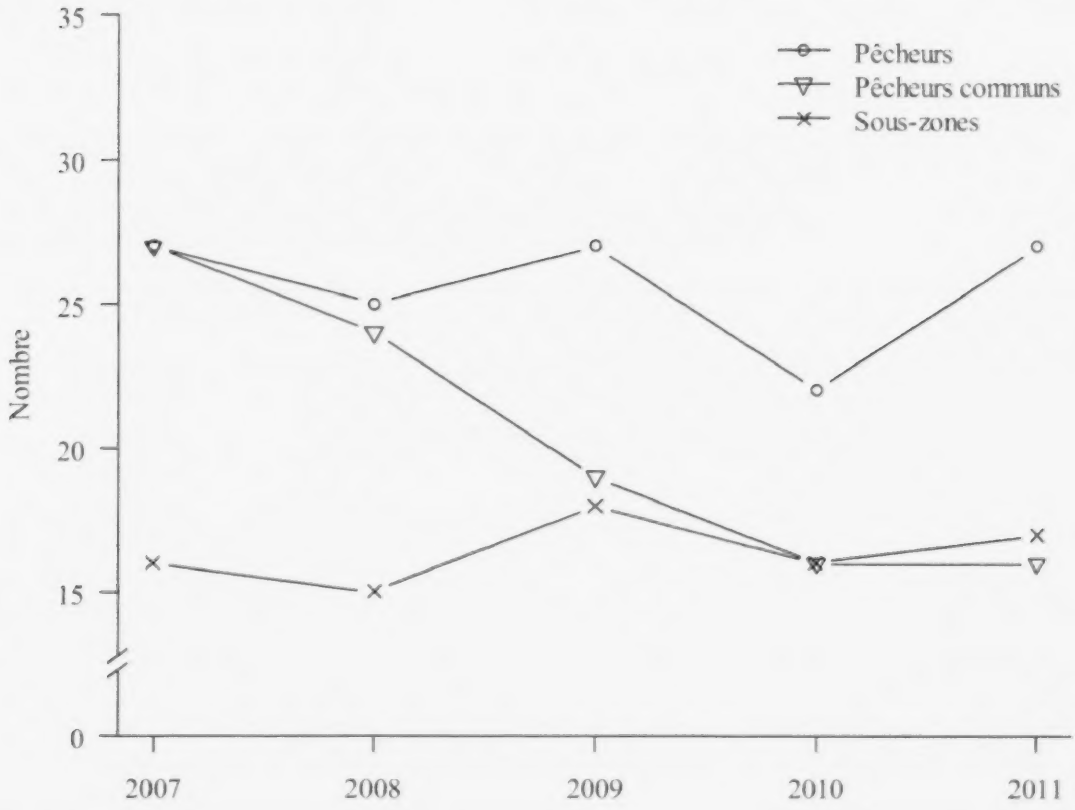



Figure 4. Évolution de la participation à l'échantillonnage avec les casiers expérimentaux de 2007 à 2011 : nombre total de pêcheurs (Pêcheurs) à chaque année, nombre de pêcheurs ayant participé au cours des cinq années (Pêcheurs communs) et nombre de sous-zones échantillonnées par année (Sous-zones).

## 2.3 Analyse des données

### 2.3.1 Variations spatio-temporelles de l'abondance

L'analyse des données a été réalisée afin de faire ressortir les différences dans l'abondance des différentes catégories de homard (COM, PRE1, PRE2 et FO) entre les sous-zones pour une même année et entre les années à l'intérieur d'une même sous-zone. L'analyse a été basée sur les prises par unité d'effort (PUE) en nombre de homard par casier (régulier ou modifié selon la catégorie de homard). La procédure de calcul et d'analyse des PUE a été élaborée pour tenir compte d'un plan d'échantillonnage déséquilibré et de données comportant beaucoup de valeurs nulles. La méthode qui a été retenue ici a permis de réaliser une analyse statistique tout en respectant les conditions de son application.

Les données collectées sur une base journalière ont été regroupées par semaine puis par période (section 2.3.1.1). Une ANOVA à trois facteurs a été calculée et les PUE par sous-zone et par année ont été calculées (moyennes marginales ou « lsmeans » dans la terminologie de SAS) (section 2.3.1.2). Ces PUE moyennes ont été utilisées pour les comparaisons multiples (section 2.3.1.2)

L'analyse des données a aussi été faite dans le but de faire ressortir des tendances interannuelles plus globales, soit à l'échelle des zones 20A et 20B (section 2.3.1.3).

#### *2.3.1.1 Traitement des données*

Les données proviennent des casiers expérimentaux, dont la moitié étaient des casiers réguliers et l'autre moitié des casiers modifiés. Les journaux de bord ont été recueillis par le MPO et les données ont ensuite été saisies, validées et analysées par le MPO avec Excel 2010 (Microsoft 2010) et R 2.14.1 (R Development Core Team 2012). Pour chaque année, les prises par unité d'effort (PUE) en nombre de homard par casier ont été calculées pour les catégories de homard suivantes :

- Commerciaux (COM) : classes de taille 5 à 12 en excluant les femelles œuvées
- Prérecrues 1 (PRE1) : classe de taille 4
- Prérecrues 2 (PRE2) : classes de taille < 4
- Femelles œuvées (FO) : toutes les classes de taille

L'abondance des différentes catégories de homard a été étudiée en utilisant un des deux types de casiers, selon leur efficacité de capture pour cette catégorie (voir section 3.1). Ainsi, l'abondance des COM a été analysée à partir des casiers réguliers tandis que celle des PRE1, PRE2 et FO a été analysée à partir des casiers modifiés.

Dans un premier temps, à chaque année, une PUE hebdomadaire a été calculée par sous-zone selon l'équation suivante :

$$\overline{PUE}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} \left( \frac{\sum capture_{ji}}{\sum effort_{ji}} \right)}{n_i}$$

où $i$ est la semaine, $j$ est le pêcheur et $n_i$ est le nombre de pêcheurs ayant pêché lors de la semaine $i$. L'utilisation de la PUE hebdomadaire plutôt que la PUE journalière a permis de réduire le nombre de zéros et ainsi faciliter les analyses. Selon les années, les PUE journalières égales à zéro variaient de 30 à 48 % pour COM, de 15 à 40 % pour PRE1, de 17 à 68 % pour PRE2 et de 51 à 73 % pour FO. La compilation des données sur une base hebdomadaire (7 jours) a permis d'éliminer presque tous les zéros.

Les PUE hebdomadaires calculées par sous-zone et par année sont présentées aux Annexes 1 à 4 pour les quatre catégories de homard. En général, les PUE ne sont pas constantes et varient pendant la saison de pêche. Les COM montrent une diminution avec le temps alors que les PRE1, PRE2 et FO montrent l'inverse. Il est à noter ici que le plan d'échantillonnage était déséquilibré, en ce sens que certaines années, toutes les semaines n'étaient pas bien représentées pour certaines sous-zones, en particulier celles au début ou à la fin de la saison de pêche. Cette absence de données peut entraîner un biais dans le calcul d'une PUE annuelle pour une sous-zone lorsque celle-ci est basée simplement sur la moyenne arithmétique des PUE hebdomadaires. Par exemple, lorsqu'il y a une tendance négative des PUE dans le temps, la moyenne annuelle sera sous-estimée pour une sous-zone où il manque la première semaine tandis qu'elle sera surestimée pour une sous-zone où il manque la dernière semaine. Afin de minimiser ce biais, sans toutefois pouvoir l'éliminer, nous avons regroupé les PUE hebdomadaires selon deux périodes (début et fin de saison) de 5 semaines chacune. Le facteur période a été inclus dans l'analyse de variance (voir section suivante) pour pouvoir calculer une PUE annuelle qui soit basée sur une représentation égale des deux périodes de pêche. Cette procédure réduit ainsi le biais sur la moyenne qui pourrait être occasionné par l'absence de données pour une semaine de pêche.

#### *2.3.1.2 Analyses de variance*

Les données ont été analysées par une ANOVA (analyse de variance) à trois facteurs soit Année, Zone et Période. Les niveaux de facteurs étaient les suivants :

- Année : 2007 à 2011
- Zone: 20A4, 20A5, 20A6, 20A7, 20A8, 20A9, 20A9A, 20B1, 20B2, 20B3, 20B4, 20B5
- Période: 1 (Début) et 2 (Fin)

Cette analyse a été effectuée sur les PUE hebdomadaires des différentes catégories de homard (calculées tel que décrit à la section 2.3.1.1) à l'aide de la fonction *lm {stats}* et *Anova {car}* (Fox et Weisberg 2011) dans R qui, ensemble, permettent de calculer une table d'analyse de variance de type III.

Le calcul de la PUE annuelle pour une sous-zone a été basé sur la moyenne marginale (« lsmeans » selon la terminologie de SAS) où un poids égal a été donné à chacune des périodes. Le calcul a été fait par année pour chaque sous-zone selon les équations suivantes:

$$\overline{PUE}_p = \frac{\sum \overline{PUE}_i}{k}$$

où $p$ est la période, $i$ la semaine et $k$ le nombre de semaines dans la période ($3 \leq k \leq 5$).

$$\overline{PUE} = \frac{\sum \overline{PUE}_p}{n}$$

où $p$ est la période et $n$, qui représente le nombre de périodes, est égal à 2.

L'effet du facteur Période a donc été utilisé dans le calcul de la PUE moyenne annuelle pour chaque sous-zone (moyenne marginale). L'intégration de ce facteur permet d'enlever son effet du modèle et de poursuivre l'analyse pour les facteurs Année et Zone et leurs interactions. L'interprétation des résultats est faite comme dans le cas d'une ANOVA à deux facteurs.

Les PUE moyennes ainsi calculées ont été utilisées pour les comparaisons multiples. Elles sont moins affectées par l'absence de données et rend les comparaisons moins biaisées que l'utilisation de moyennes arithmétiques. De plus, seules les sous-zones ayant suffisamment des données ont été retenues. Ainsi, pour qu'une sous-zone soit retenue, il devait y avoir au moins 60 % des semaines de pêche pour chacune des périodes de la saison (i.e., au moins trois semaines sur cinq) et ce, pour chacune des années. Parmi les 15 à 18 sous-zones couvertes entre 2007 et 2011, 12 sous-zones ont été retenues. Les comparaisons multiples (tests de contrastes) deux-à-deux ont été faites à l'aide de tests de t de Student. Les valeurs de « p » ont été corrigées avec l'ajustement de Holm (Holm 1979) afin de conserver le risque d'erreur alpha à 0,05 pour l'ensemble des comparaisons. Les comparaisons d'intérêt étaient les différences interannuelles par sous-zone et les différences intra-annuelles entre les sous-zones.

L'analyse de Brown-Forsythe (1974) a été utilisée pour vérifier l'homocédasticité des résidus entre les différents niveaux des facteurs et au besoin, différentes transformations de type exposant ou logarithmique étaient utilisées pour l'obtenir. Ensuite, la normalité des résidus était testée avec le test omnibus de D'Agostino-Pearson (D'Agostino et Pearson 1973) qui est préférable à celui de Shapiro-Wilk lorsqu'il y a plusieurs données qui ont la même valeur (Thode 2002, Zar 2010). Un histogramme de fréquence des résidus a aussi été utilisé parallèlement au test de D'Agostino-Pearson pour examen visuel des données. Dans le cas où la distribution des résidus était statistiquement différente de la distribution normale, mais que l'indice d'asymétrie n'était pas significativement différent de zéro, les résultats de l'ANOVA étaient utilisés en autant que la distribution des résidus n'était pas visuellement bimodale. Ce choix est basé sur le fait que l'analyse de variance est relativement robuste à la non-normalité (Quinn et Keough 2002).

Finalement, les différences d'abondance pour les quatre catégories de homard entre les sous-zones ont aussi été examinées en les comparant aux 25$^{e}$, 50$^{e}$ (médiane) et 75$^{e}$ centiles de la distribution de l'ensemble des valeurs des PUE moyennes.

*2.3.1.3 Tendances globales*

Suite à l'ANOVA, la tendance temporelle à l'échelle de l'ensemble de la ZPH 20 (20A et 20B combinées) a été étudiée pour les quatre catégories de homard (COM, PRE1, PRE2 et FO) à l'aide d'analyses de régression linéaire. La ZPH 20 a été représentée par une PUE moyenne annuelle correspondant à la moyenne des PUE annuelles des sous-zones (section 2.3.1.2). Seules les pentes ont été examinées dans cette partie de l'étude, les ordonnées à l'origine n'ayant aucune signification biologique.

**2.3.2 Structure spatio-temporelle**

Des analyses de corrélation ont été effectuées afin de déterminer si la structure spatiale observée dans la distribution de chaque catégorie de homard était constante pour des années consécutives. Les analyses de corrélation ont été effectuées sur les PUE (logarithme népérien) annuelles (2007-2011) de chaque sous-zone retenue pour l'analyse.

**2.3.3 Outil de prévision du recrutement à la pêche**

Le potentiel de prédire l'abondance des homards de plus grande taille à partir de celle des homards de petite taille à a été examiné à l'aide d'analyses de régression de type I (méthode des moindres carrés). Les relations ont été estimées entre les catégories de homard COM, PRE1 et PRE2 à partir des PUE moyennes estimées par sous-zone. On postule, sur la base du taux d'accroissement et de la fréquence de mue, que les homards PRE1 une année donnée seront dans la catégorie COM l'année suivante, et que les PRE2 seront dans la catégorie PRE1 un an plus tard et dans la catégorie COM deux ans plus tard. Afin de mieux faire ressortir les relations, les femelles ont été exclues et le nombre de classes de taille a été limité (i.e., COM : classes 5-6, PRE1 : classe 4 et PRE2 : classe 3). Les liens entre les classes de taille correspondent ainsi à des liens entre des classes de mue successives. La classe COM est ainsi restreinte aux nouvelles recrues à la pêche. Les régressions ont été calculées pour des années consécutives (COM vs PRE1 et PRE1 vs PRE 2) ou des intervalles de deux ans (COM vs PRE2). Les analyses ont été effectuées pour 20A et 20B séparément. Dans un premier temps, le calcul a été fait à partir des données individuelles de chaque sous-zone (PUE annuelle) de façon à pouvoir visualiser la variabilité au niveau de la sous-zone et éventuellement faire des prévisions au niveau de la sous-zone. Ensuite, des régressions ont été calculées à partir des valeurs moyennes de 20A et 20B (moyenne des PUE des sous-zones) dans le but de faire des prévisions globales pour les zones 20A et 20B.

# 3.0 RÉSULTATS

## 3.1 APERÇU GÉNÉRAL

Au cours des cinq années du projet (2007 à 2011), entre 4 072 et 5 776 casiers ont été levés à chaque année (somme des casiers modifiés et des casiers réguliers) et entre 11 917 et 18 428 homards ont été mesurés annuellement. Les femelles non œuvées ont représenté entre 44 et 47 % des captures totales, ce qui est légèrement plus élevé que la proportion constituée de mâles, qui se situait entre 38 et 43 % (Figure 5). De façon générale, ce sont les homards des classes de taille 3 et 4 qui ont dominé dans les captures des casiers modifiés et des classes de taille 3, 4 et 5 pour les casiers réguliers, représentant 69 et 78 % des captures totales respectivement. Sur l'ensemble des homards capturés en 2009 et 2010 (autour de 28 000), aucun homard de taille supérieure à la taille maximale de capture (2009 : 155 mm; 2010 : 150 mm) n'a été capturé. En 2011 toutefois, 10 homards sur les 18 428 homards capturés étaient de taille supérieure à la taille maximale de capture (150 mm). La proportion de femelles œuvées a été assez constante de 2007 à 2009 (11-13 %) et en augmentation au cours des deux dernières années (14 et 16 %) (Figure 6). L'utilisation de casiers modifiés a permis de faire ressortir un peu plus la présence de femelles œuvées dont la taille est inférieure à la taille minimale de capture de 82 mm (classes de taille $\leq 4$). Les casiers modifiés sont apparus plus efficaces aussi pour la capture des femelles œuvées des classes de tailles 5 et 6.

Une PUE annuelle globale a été calculée (somme de tous les homards capturés/somme de tous les casiers) pour chaque catégorie de homard en fonction du type de casier. Tel que prévu, l'utilisation des casiers modifiés a permis de capturer plus de homards de petite taille (classes de tailles 1 à 4) que les casiers réguliers (Figures 5 et 6). La PUE des prérecrues 1 et 2 (PRE1 et PRE2) mais aussi des femelles oeuvées (FO) était supérieure dans les casiers modifiés (Tableau 5). Pour les PRE1, les PUE étaient de 1,20 h/c et 0,74 h/c pour les casiers modifiés et réguliers respectivement (Tableau 5). Pour les femelles œuvées (FO), les PUE étaient de 0,43 h/c et 0,30 h/c pour les casiers modifiés et réguliers respectivement (Tableau 5). En moyenne, pour les cinq années de l'étude, les casiers modifiés ont capturé 2,86 fois plus de PRE2, 1,62 fois plus de PRE1 et 1,41 fois plus de FO que les casiers réguliers (Tableau 5). Pour la capture de homards de taille commerciale (COM), les casiers modifiés (0,57 h/c) sont apparus un peu moins efficaces que les casiers réguliers (0,66 h/c) (Tableau 5). La capture avec les casiers modifiés était en moyenne 0,86 fois celle des casiers réguliers.

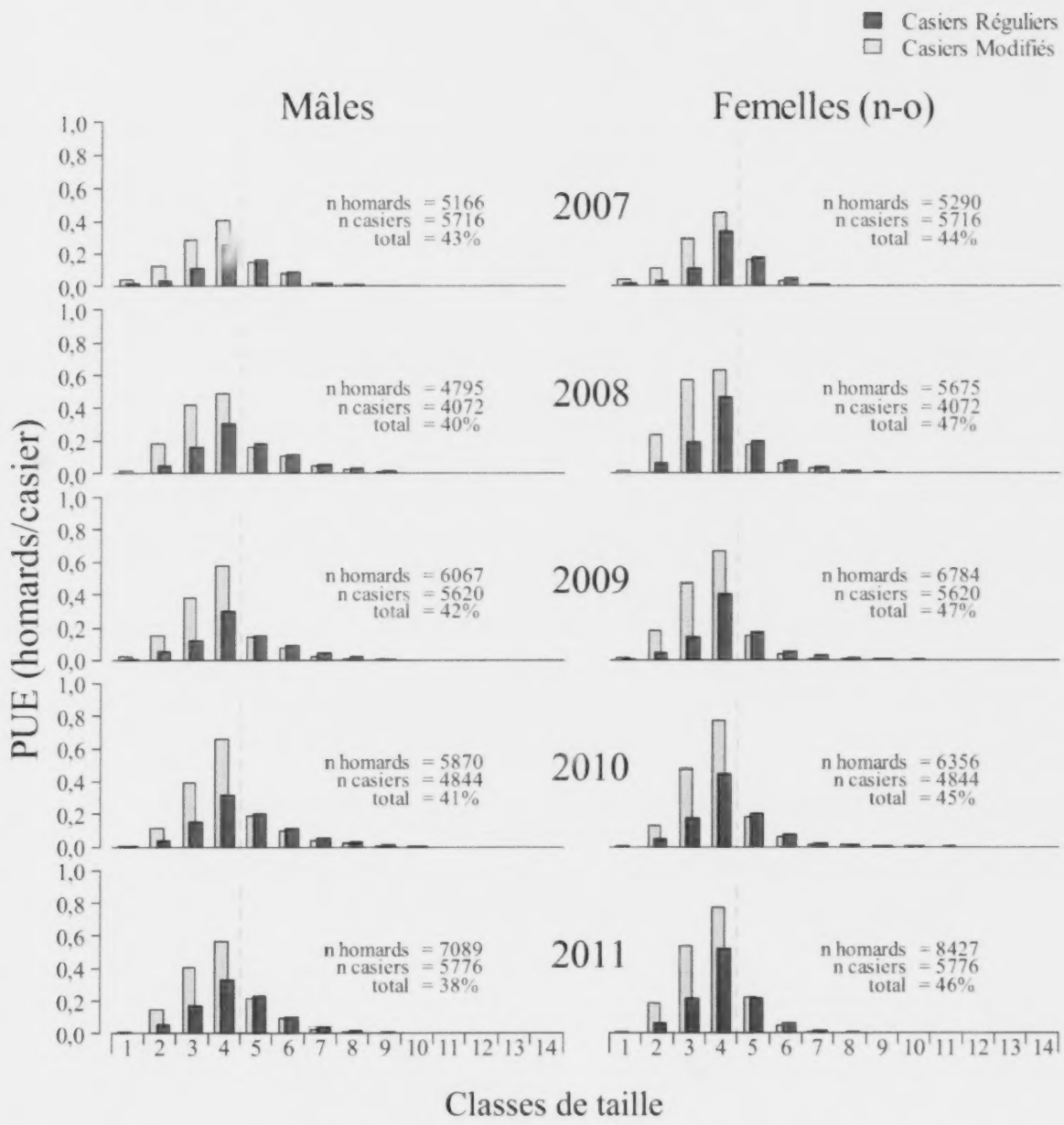



Figure 5. PUE annuelles globales de mâles et de femelles non œuvées (n-o) (nombre total de homards capturés/nombre total de casiers) par classe de tailles en fonction du type de casier pour les années 2007 à 2011. La ligne grise pointillée sépare les homards prérecrues des homards de taille commerciale. Pour chaque année et chaque catégorie, le nombre de homards, le nombre total de casiers levés et le pourcentage de mâles et femelles n-o observé dans la capture totale de l'année sont indiqués.

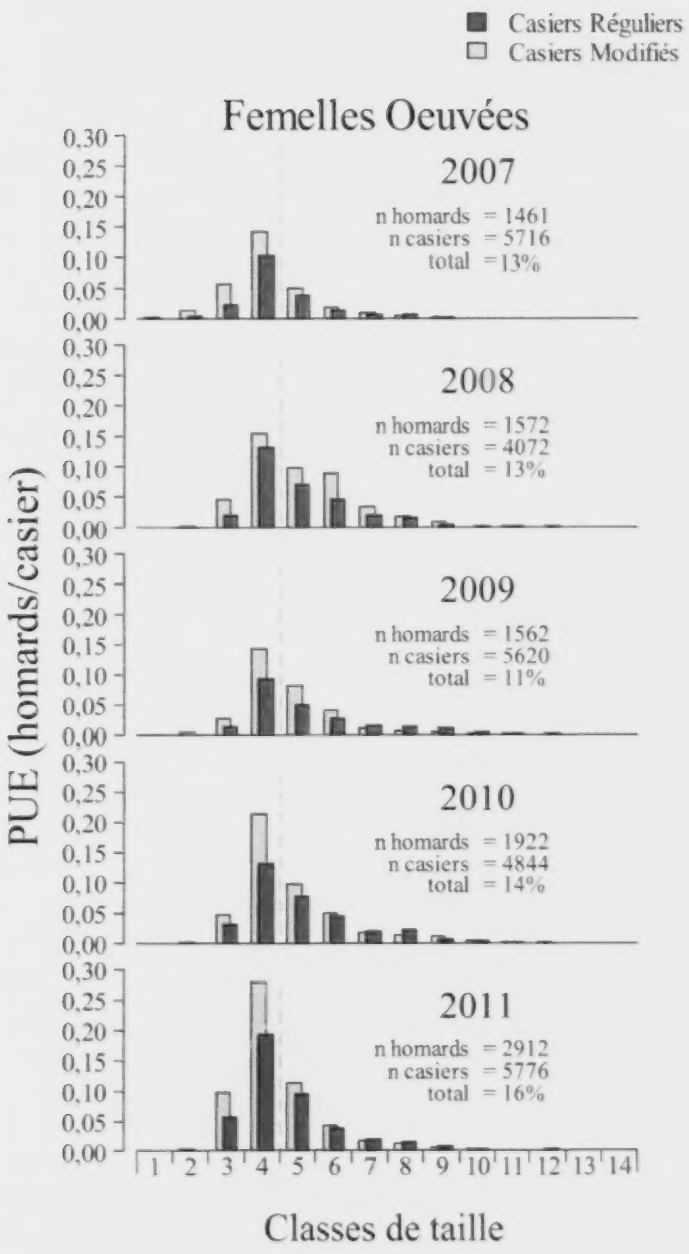



Figure 6. PUE annuelles globales de femelles œuvées (nombre total de homards capturés/nombre total de casiers) par classe de tailles en fonction du type de casier pour les années 2007 à 2011. La ligne grise pointillée sépare les homards prérecrues de homards de taille commerciale. Pour chaque année, le nombre de homards, le nombre total de casiers et le pourcentage de femelles œuvées observé dans la capture totale de l'année sont indiqués.

Tableau 5. PUE annuelles globales de homard (nombre total de homards/nombre total de casiers) pour les prérecrues 2 (classes de taille 1 à 3) et 1 (classe de taille 4), les homards des tailles commerciales (classes de taille 5 à 13 excluant les femelles œuvées) et les femelles œuvées. Les valeurs moyennes sont estimées par type de casier (réguliers et modifiés). La colonne M/R représente le rapport entre les PUE des casiers modifiés et les PUE des casiers réguliers.

| Années | Prérecrues 2 | | | Prérecrues 1 | | | Commerciales | | | Femelles Oeuvées | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Réguliers | Modifiés | M/R | Réguliers | Modifiés | M/R | Réguliers | Modifiés | M/R | Réguliers | Modifiés | M/R |
| 2007 | 0,33 | 0,89 | 2,70 | 0,59 | 0,85 | 1,44 | 0,52 | 0,47 | 0,90 | 0,21 | 0,30 | 1,43 |
| 2008 | 0,46 | 1,43 | 3,11 | 0,77 | 1,12 | 1,45 | 0,73 | 0,64 | 0,88 | 0,31 | 0,46 | 1,48 |
| 2009 | 0,38 | 1,21 | 3,18 | 0,70 | 1,24 | 1,77 | 0,59 | 0,47 | 0,80 | 0,23 | 0,33 | 1,43 |
| 2010 | 0,40 | 1,11 | 2,77 | 0,77 | 1,43 | 1,86 | 0,73 | 0,61 | 0,84 | 0,34 | 0,46 | 1,35 |
| 2011 | 0,51 | 1,30 | 2,55 | 0,85 | 1,34 | 1,58 | 0,72 | 0,65 | 0,90 | 0,43 | 0,58 | 1,35 |
| Moyennes | 0,42 | 1,19 | 2,86 | 0,74 | 1,20 | 1,62 | 0,66 | 0,57 | 0,86 | 0,30 | 0,43 | 1,41 |

## 3.2 VARIATIONS SPATIO-TEMPORELLES DE L'ABONDANCE (PUE)

### 3.2.1 Analyses de variance

Une ANOVA a été utilisée pour chaque catégorie de homard afin d'estimer la proportion de la variance des PUE qui pouvait être expliquée par les trois facteurs principaux et leurs interactions. La transformation des données a permis de rencontrer la condition d'homocédasticité. Par contre, les données de COM de PRE1 et PRE2 n'ont pas pu être normalisées par les transformations. Les résultats de l'ANOVA ont néanmoins été utilisés car le coefficient d'asymétrie n'était pas significativement différent de zéro (Tableau 6).

Tableau 6. Résultats des analyses vérifiant les conditions d'application de l'ANOVA pour chaque catégorie de homard. « Trans » sont les transformations mathématiques appliquées aux données, où « y » est la variable dépendante. B-F est la valeur du « p » du test de Brown-Forsythe. Les valeurs de « p » pour tester l'asymétrie, l'aplatissement (kurtosis) et le test omnibus de D'Agostino-Pearson sont aussi présentées.

| Catégorie | Trans | B-F | D'Agostino-Pearson | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Asymétrie | Kurtosis | Omnibus |
| COM | $y^{0,44}$ | 0,8197 | 0,9953 | < 0,0001 | 0,0002 |
| PRE1 | $y^{0,7}$ | 0,3301 | 0,1980 | 0,0007 | 0,0033 |
| PRE2 | $y^{0,6}$ | 0,3047 | 0,1794 | < 0,0001 | 0,0001 |
| FO | $y^{0,5}$ | 0,6897 | 0,3485 | 0,0716 | 0,1853 |

Les résultats de l'ANOVA à trois facteurs (Année, Zone et Période) sont présentés au Tableau 7. Tel que mentionnée à la section 2.3.1, les résultats concernant le facteur Période ne seront pas analysés ici car l'effet de ce facteur a été intégré dans la moyenne annuelle. Les analyses qui suivent portent donc sur les facteurs Année et Zone uniquement.

Tableau 7. Résultats des ANOVA à trois facteurs (Zone, Année et Période) effectuées sur les PUE des différentes catégories de homard (COM, PRE1, PRE2 et FO).

| Catégorie | Source | dl | Type III SC | Moy. des Carrées | F | Pr > F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| COM | zone | 11 | 7,83 | 0,71 | 17,49 | < 0,0001 |
| | annee | 4 | 2,07 | 0,52 | 12,73 | < 0,0001 |
| | zone*annee | 44 | 5,95 | 0,14 | 3,32 | < 0,0001 |
| | per[1] | 1 | 7,72 | 7,72 | 189,61 | < 0,0001 |
| | zone*per[1] | 11 | 2,04 | 0,19 | 4,55 | < 0,0001 |
| | annee*per[1] | 4 | 1,28 | 0,32 | 7,86 | < 0,0001 |
| | zone*annee*per[1] | 44 | 2,70 | 0,06 | 1,51 | 0,0227 |
| | résidus | 463 | 18,84 | 0,04 | | |
| PRE1 | zone | 11 | 106,57 | 9,69 | 85,29 | < 0,0001 |
| | annee | 4 | 10,69 | 2,67 | 23,53 | < 0,0001 |
| | zone*annee | 44 | 18,97 | 0,43 | 3,80 | < 0,0001 |
| | per[1] | 1 | 9,42 | 9,42 | 82,91 | < 0,0001 |
| | zone*per[1] | 11 | 16,38 | 1,49 | 13,11 | < 0,0001 |
| | annee*per[1] | 4 | 3,74 | 0,94 | 8,23 | < 0,0001 |
| | zone*annee*per[1] | 44 | 7,93 | 0,18 | 1,59 | 0,0119 |
| | résidus | 463 | 52,59 | 0,11 | | |
| PRE2 | zone | 11 | 24,35 | 2,21 | 31,68 | < 0,0001 |
| | annee | 4 | 6,11 | 1,53 | 21,87 | < 0,0001 |
| | zone*annee | 44 | 15,36 | 0,35 | 4,99 | < 0,0001 |
| | per[1] | 1 | 1,84 | 1,84 | 26,34 | < 0,0001 |
| | zone*per[1] | 11 | 1,13 | 0,10 | 1,48 | 0,1372 |
| | annee*per[1] | 4 | 2,24 | 0,56 | 8,00 | < 0,0001 |
| | zone*annee*per[1] | 44 | 6,97 | 0,16 | 2,27 | < 0,0001 |
| | résidus | 463 | 32,35 | 0,07 | | |
| FO | zone | 11 | 17,74 | 1,61 | 37,99 | < 0,0001 |
| | annee | 4 | 3,45 | 0,86 | 20,33 | < 0,0001 |
| | zone*annee | 44 | 9,99 | 0,23 | 5,35 | < 0,0001 |
| | per[1] | 1 | 5,40 | 5,40 | 127,19 | < 0,0001 |
| | zone*per[1] | 11 | 0,86 | 0,08 | 1,84 | 0,0453 |
| | annee*per[1] | 4 | 0,77 | 0,19 | 4,52 | 0,0014 |
| | zone*annee*per[1] | 44 | 2,56 | 0,06 | 1,37 | 0,0614 |
| | résidus | 463 | 19,65 | 0,04 | | |

[1] Les résultats concernant le facteur PER (Période) ainsi que toutes les interactions qui l'incluent ont été mis en gris. Ces résultats ne sont pas interprétés car l'ajout du facteur PER avait pour seul but d'estimer les PUE moyennes marginales pour les années et les sous-zones.

*3.2.1.1 Commerciaux (COM)*

La Figure 7 montre les PUE moyennes des COM pour chaque sous-zone et par année. Les valeurs correspondantes se retrouvent à l'Annexe 5. Les résultats de l'ANOVA montrent que la double interaction (Année * Zone) était significative (i.e., $p < 0,05$) (Tableau 7). L'analyse de comparaisons multiples effectuée sur les PUE ne montre aucune différence interannuelle (intra sous-zone) significative pour 8 des 12 sous-zones analysées (Annexe 6). Les seules différences interannuelles significatives ont été observées pour les sous-zones 20A7, 20A9A, 20B2 et 20B5. Dans les dernières années, les PUE de 20A7 (2010 : 1,13 h/c), 20B2 (2010 : 1,56 h/c ; 2011 : 0,97 h/c) et 20B5 (2011 : 0,77 h/c) étaient nettement plus élevées que celles des années précédentes. Pour la sous-zone 20A9A, la faible valeur de 2010 (0,27 h/c) se démarque significativement de celles des autres années.

L'analyse de comparaisons multiples entre les sous-zones pour chaque année a révélé 39 différences significatives, principalement pour 2009 (17) et 2010 (13) (Annexe 7). En 2007, 2008 et 2011, les sous-zones sont apparues relativement homogènes entre elles. En 2009, les sous-zones 20A4 (0,08 h/c), 20A6 (0,15 h/c), 20B5 (0,17 h/c) ont eu des PUE plus faibles que la majorité des autres sous-zones tandis que 20A9 (1,18 h/c) avait une PUE moyenne supérieure à plusieurs autres sous-zones. En 2010, la majorité (8) des différences statistiquement significatives concerne la sous-zone 20B2 qui avait une valeur de PUE nettement supérieure aux autres sous-zones.

Les valeurs des 25$^{e}$ et 75$^{e}$ centiles (2007 à 2011) sont respectivement de 0,36 et 0,73 h/c (Figure 7), soit une différence de 0,37 h/c. Le coefficient de variation intra-annuel moyen est de 45% et le coefficient de variation interannuel moyen est de 37%. On peut reconnaître six sous-zones (20A5, 20A8, 20A9, 20B1, 20B2 et 20B3) où les PUE moyennes étaient supérieures ou égales à la médiane pour au moins 50% des années. Trois de ces sous-zones (20A5, 20A8 et 20A9) se démarquent encore plus des autres alors que les PUE moyennes étaient supérieures ou égales au 75$^{e}$ centile pour au moins 50% des années. Les sous-zones où les PUE étaient les plus faibles sont 20A4, 20A6 et 20B4 avec des PUE moyennes inférieures au 25$^{e}$ centile pour au moins 50% des années.

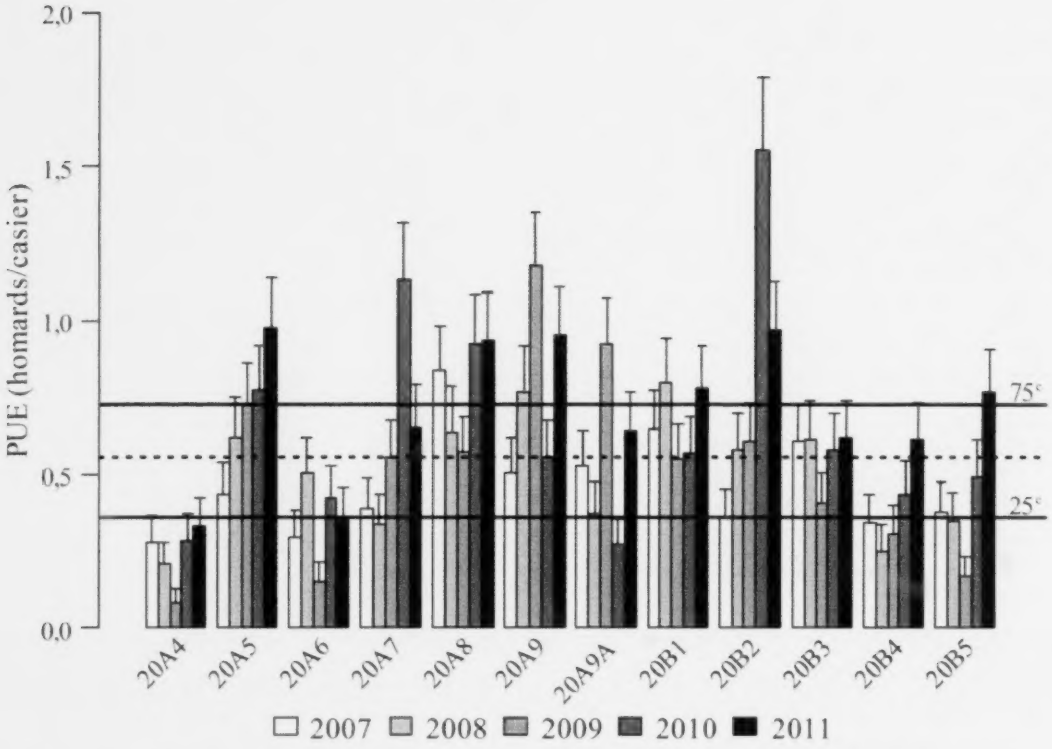



Figure 7. PUE moyennes en nombre/casier (+ erreur-type) des COM estimées par sous-zone pour les années 2007 à 2011. Les lignes horizontales sont, respectivement du haut vers le bas, les 75$^{e}$, 50$^{e}$ (médiane) et 25$^{e}$ centiles. (PUE des casiers réguliers)

*3.2.1.2 Prérecrues 1 (PRE1)*

La Figure 8 montre les PUE moyennes des PRE1 pour chaque sous-zone et par année. Les valeurs correspondantes se retrouvent à l'Annexe 5. Les résultats de l'ANOVA montrent que la double interaction (Année * Zone) était significative (Tableau 7). L'analyse de comparaisons multiples effectuée sur les PUE ne montre aucune différence interannuelle (intra sous-zone) significative pour 7 des 12 sous-zones analysées (Annexe 8). Des différences interannuelles significatives ont été observées pour les sous-zones 20A5, 20A8, 20B2, 20B4 et 20B5. Pour les sous-zone 20A5 et 20A8, la saison 2007 se démarque avec une PUE plus faible que celles des années suivantes avec respectivement 1,31 h/c et 1,47 h/c. Dans les dernières années, les PUE de 20B2 (2011 : 1,89 h/c), 20B4 (2010 : 3,20 h/c ; 2011 : 3,06 h/c) et 20B5 (2010 : 2.49 h/c ; 2011 : 2,83 h/c) étaient nettement plus élevées que celles des années précédentes.

Il y a une plus grande hétérogénéité interzonale pour les PRE1 que pour les COM. L'analyse des comparaisons multiples interzonales pour les différentes années a révélé 148 différences significatives dont 16 en 2007, 36 en 2008, 32 en 2009, 32 en 2010 et 31

en 2011 (Annexe 9). En 2007, les différences concernaient surtout les sous-zones 20A9A (2,15 h/c) et 20B4 (2,18 h/c) qui avaient des valeurs de PUE beaucoup plus élevées que les autres sous-zones. À partir de 2008 et jusqu'en 2010, il y a une séparation claire entre des sous-zones à fortes et à faibles valeurs. On note six sous-zones avec de fortes PUE, soit 20A9A et 20B4 (tout comme en 2007) et 20A5, 20A8, 20A9 et 20B5. Dans ces sous-zones, les PUE ont toujours été supérieures à 1,50 h/c, avec une moyenne de 2,26 h/c et un maximum de 3,20 h/c dans 20B4 en 2010. À l'opposé, pour la période 2008 à 2010, les sous-zones 20A4, 20A6, 20A7, 20B1, 20B2 et 20B3 ont toujours eu des PUE plus faibles. Dans ces sous-zones, les PUE sont généralement demeurées inférieures à 1,50 h/c, avec une moyenne de 0,82 h/c. Par contre, en 2011, les PUE étaient beaucoup plus élevées pour 20A7, 20B1 et 20B2. Les sous-zones qui se démarquent statistiquement le plus en 2011 sont 20A5 (2,82 h/c), 20A9A (2,92 h/c), 20B4 (3,06 h/c) et 20B5 (2,83 h/c) pour leur forte abondance tandis que 20A4 (0,70 h/c) et 20A6 (0,54 h/c) ont les PUE les plus faibles.

Les valeurs des 25$^{e}$ et 75$^{e}$ centiles (2007 à 2011) sont respectivement de 0,75 et 2,15 h/c (Figure 8), soit une différence de 1,40 h/c. Le coefficient de variation intra-annuel moyen est de 51% et le coefficient de variation interannuel moyen est de 28%. On peut reconnaître six sous-zones (20A5, 20A8, 20A9, 20A9A, 20B4 et 20B5) où les PUE moyennes étaient supérieures ou égales à la médiane pour au moins 50% des années. Trois de ces sous-zones (20A5, 20A9 et 20B4) se démarquent encore plus des autres alors que les PUE moyennes étaient supérieures ou égales au 75$^{e}$ centile pour au moins 50% des années. Les sous-zones où les PUE étaient les plus faibles sont 20A4, 20A6, 20A7 et 20B2 avec des PUE moyennes inférieures au 25$^{e}$ centile pour au moins 50% des années.

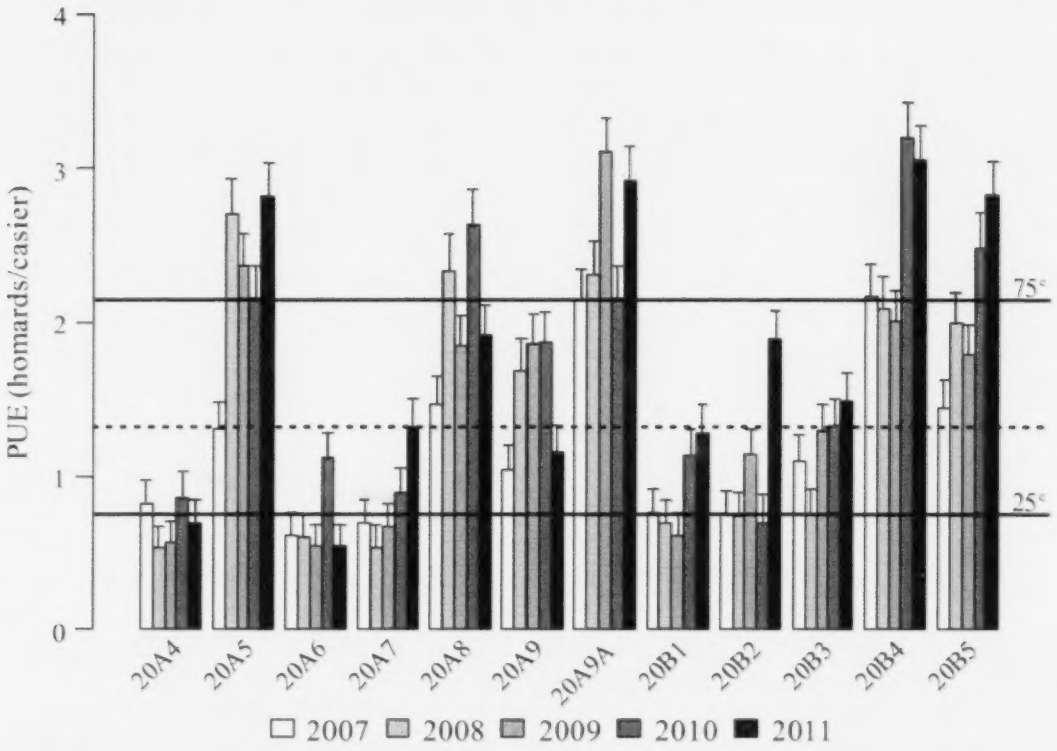



Figure 8. PUE moyennes en nombre/casier (+ erreur-type) des PRE1 estimées par sous-zone pour les années 2007 à 2011. Les lignes horizontales sont, respectivement du haut vers le bas, les 75e, 50e (médiane) et 25e centiles. (PUE des casiers modifiés)

*3.2.1.3. Prérecrues 2 (PRE2)*

La Figure 9 montre les PUE moyennes des PRE2 pour chaque sous-zone et par année. Les valeurs correspondantes se retrouvent à l'Annexe 5. Les résultats de l'ANOVA montrent que la double interaction (Année * Zone) était significative (Tableau 7). L'analyse de comparaisons multiples effectuée sur les PUE ne montre aucune différence interannuelle (intra sous-zone) significative pour 5 des 12 sous-zones analysées (Annexe 10). Des différences interannuelles significatives ont été observées pour les sous-zones 20A9, 20A9A, 20B1, 20B2, 20B3, 20B4 et 20B5. Pour les sous-zone 20A9 et 20B3, la saison 2007 se démarque avec une PUE plus faible que celles des années suivantes avec respectivement 0,55 h/c et 0,79 h/c. Dans les dernières années, les PUE de 20B1 (2011 : 2,08 h/c), 20B5 (2010 : 2,79 h/c ; 2011 : 2,85 h/c) étaient nettement plus élevées que celles des années précédentes. Pour 20A9A, la PUE de 2008 se démarque de celles des autres années comme étant la plus élevée (2,51 h/c). Dans la sous-zone 20B2, il y a eu une diminution très marquée (79 %) de la PUE entre 2009 (1,03 h/c) et 2010 (0,22 h/c).

L'abondance des PRE2 apparaît moins hétérogène que celle des PRE1, mais plus grande que celle des COM. L'analyse des comparaisons multiples interzonales pour les différentes années a révélé 78 différences significatives dont 6 en 2007, 16 en 2008, 10 en 2009, 21 en 2010 et 25 en 2011 (Annexe 11). En 2007, les différences concernent surtout les sous-zones 20A6 (1,57 h/c) et 20B4 (1,51 h/c) qui avaient des valeurs de PUE plus élevées que majorité des autres sous-zones. Pour la saison 2008, les sous-zones 20A7 (1,42 h/c), 20A9A (2,51 h/c), 20B4 (1,85 h/c) et 20B5 (2,13 h/c) avaient des PUE supérieures à la majorité des autres sous-zones. En 2009, les sous-zones 20A4 (1,85 h/c), 20A6 (1,98 h/c) et 20A7 (2,28 h/c) avaient des PUE élevées comparées à plusieurs des autres sous-zones. Durant la saison 2010, la sous-zones 20B5 (2,79 h/c) se démarquait des autres par sa forte valeur tandis que 20B2 se démarquait aussi des autres, mais pour sa faible valeur (0,22 h/c). Finalement, en 2011, les sous-zones 20A6 (2,29 h/c), 20A7 (2,13 h/c), 20B1 (2,08 h/c) et 20B5 (2,85 h/c) avaient des PUE supérieures à la majorité des autres sous-zones tandis que 20A5 (0,92 h/c), 20A8 (0,98 h/c), 20B2 (0,73 h/c) et 20B4 (0,96 h/c) était caractérisées par des PUE inférieures à la majorité des autres sous-zones.

Les valeurs des 25$^{e}$ et 75$^{e}$ centiles (2007 à 2011) sont respectivement de 0,98 et 1,57 h/c (Figure 9), soit une différence de 0,77 h/c. Le coefficient de variation intra-annuel moyen est de 37% et le coefficient de variation interannuel moyen est de 29%. On peut reconnaître six sous-zones (20A4, 20A6, 20A7, 20A9A, 20B3 et 20B5) où les PUE moyennes étaient supérieures ou égales à la médiane pour au moins 50% des années. Trois de ces sous-zones (20A6, 20A7 et 20B5) se démarquent encore plus des autres alors que les PUE moyennes étaient supérieures ou égales au 75$^{e}$ centile pour au moins 50% des années. La sous-zone où les PUE ont été les plus faibles est 20B2 avec des PUE moyennes inférieures au 25$^{e}$ centile pour au moins 50% des années.

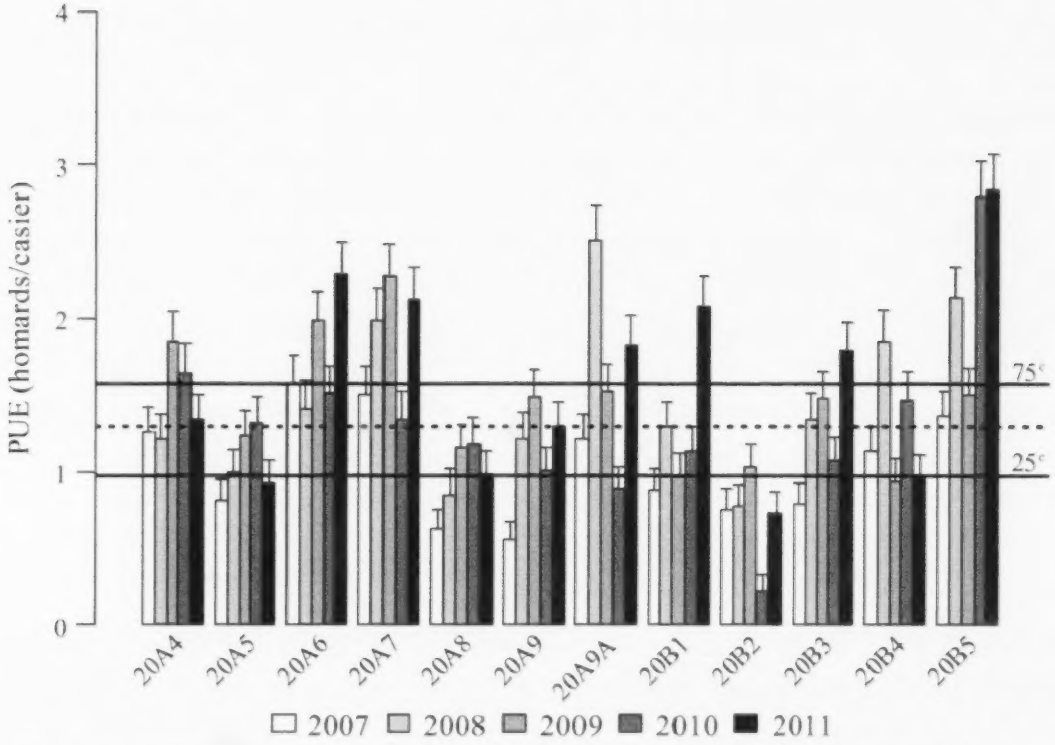



Figure 9. PUE annuelles moyennes en nombre/casier (+ erreur-type) des PRE2 estimées par sous-zone pour les années 2007 à 2011. Les lignes horizontales sont, respectivement du haut vers le bas, les 75e, 50e (médiane) et 25e centiles. (PUE des casiers modifiés)

*3.2.1.4. Femelles Œuvées (FO)*

La Figure 10 montre les PUE moyennes des FO pour chaque sous-zone et par année. Les valeurs correspondantes se retrouvent à l'Annexe 5. Les résultats de l'ANOVA montrent que la double interaction (Année * Zone) était significatives (Tableau 7). L'analyse de comparaisons multiples effectuée sur les PUE ne montre aucune différence interannuelle (intra sous-zone) significative pour 5 des 12 sous-zones analysées (Annexe 12). Les sous-zones ayant des différences interannuelles significatives sont 20A4, 20A6, 20A7, 20A9, 20B1, 20B2 et 20B3. Pour 20A4, la PUE de l'année 2010 (0,87 h/c) est supérieure aux PUE de 2007 (0,21 h/c) et 2008 (0,27 h/c). Dans la sous-zone 20A6, la PUE de l'année 2007 (0,88 h/c) était beaucoup plus élevée (5 à 10 fois) que celles des années suivantes (2008 : 0,14 h/c, 2009 : 0,09 h/c, 2010 : 0,18 h/c et 2011 : 0,28 h/c). Pour la sous-zone 20A7, la différence mesurée concerne la très faible valeur de 2010 (0,01 h/c) par rapport à celles des années 2009 (0,27 h/c) et 2011 (0,38 h/c). Dans les sous-zones 20A9 (0,11 h/c), 20B1 (0,78 h/c) et 20B2 (0,10 h/c), la PUE en 2007 était généralement

inférieure à celles des autres années. Finalement, dans la sous-zone 20B3, la PUE en 2011 (0,92 h/c) était nettement supérieure à celles des autres années.

L'analyse des comparaisons multiples interzonales pour les différentes années a révélé 82 différences significatives dont 18 en 2007, 11 en 2008, 14 en 2009, 24 en 2010 et 15 en 2011 (Annexe 13). En 2007, les différences révélées par l'analyse concernent surtout les sous-zones 20A6 (0,88 h/c) et 20B1 (0,78 h/c) qui avaient des valeurs de PUE supérieures aux autres sous-zones. En 2008, la sous-zone 20B1 (1,52 h/c) avait une PUE supérieure à toutes les autres sous-zones. En 2009, les sous-zones 20A6 (0,09 h/c), 20A8 (0,11 h/c) et 20B5 (0,10 h/c) se démarquaient par des PUE faibles tandis que 20B1 (1,09 h/c) se démarquait comme étant la sous-zone avec la PUE la plus élevée. Pour l'année 2010, 20A4 (0,87 h/c) et 20B1 (1,31 h/c) avaient des PUE supérieures à la majorité des autres sous-zones tandis que 20A6 (0,18 h/c) et 20A7 (0,02 h/c) avaient les PUE les plus faibles. Finalement, les sous-zones 20B1 (1,61 h/c) et 20B3 (0,92 h/c) se sont démarquées des autres avec les PUE les plus élevées.

Les valeurs des 25$^{e}$ et 75$^{e}$ centiles (2007 à 2011) sont respectivement de 0,19 et 0,45 h/c (Figure 10), soit une différence de 0,26 h/c. Le coefficient de variation intra-annuel moyen est de 84% et le coefficient de variation interannuel moyen est de 55%. On peut reconnaître six sous-zones (20A4, 20A9, 20A9A, 20B1, 20B2 et 20B4) où les PUE moyennes étaient supérieures ou égales à la médiane pour au moins 50% des années. Une seule de ces sous-zones (20B1) se démarque encore plus des autres alors que les PUE moyennes étaient toujours supérieures au 75$^{e}$ centile. Les sous-zones où les PUE étaient les plus faibles sont 20A6, 20A7 et 20A8 avec des PUE moyennes inférieures au 25$^{e}$ centile pour au moins 50% des années.

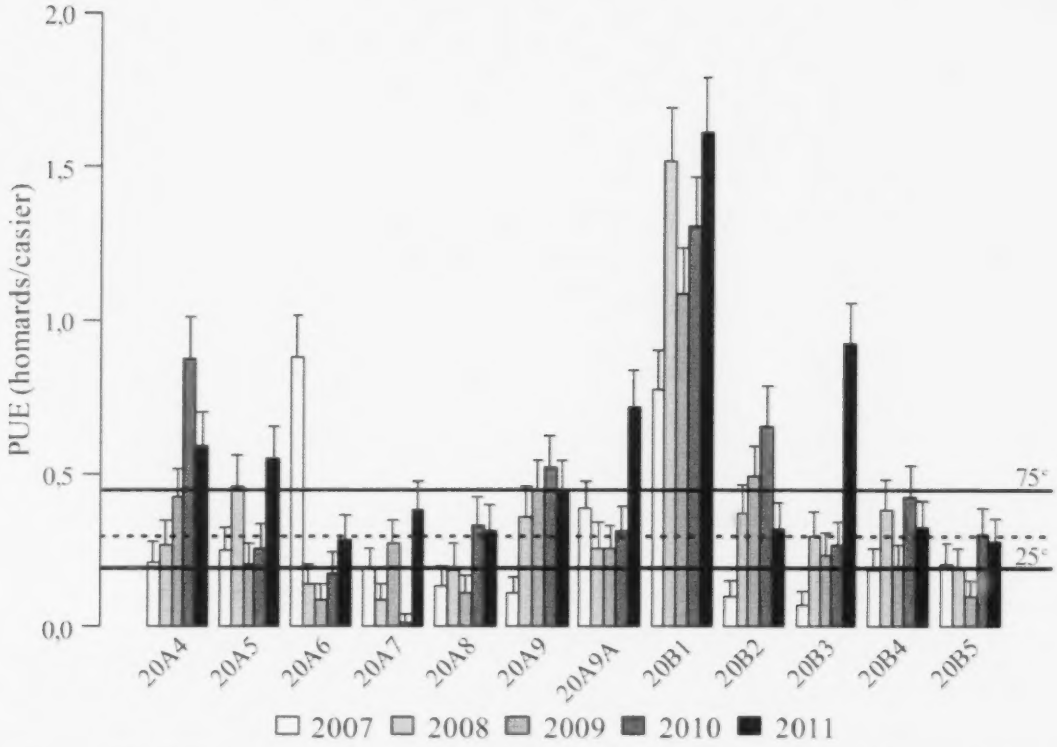



Figure 10. PUE moyennes en nombre/casier (+ erreur-type) des FO estimées par sous-zone pour les années 2007 à 2011. Les lignes horizontales sont, respectivement du haut vers le bas, les 75$^{e}$, 50$^{e}$ (médiane) et 25$^{e}$ centiles. (PUE des casiers modifiés)

### 3.2.2 Tendances globales

La tendance des PUE moyennes de la ZPH 20 (moyennes des PUE annuelles des sous-zones) en fonction des années (2007 à 2011) est positive et significative pour toutes les catégories de homard à l'exception des PRE2 où la pente est positive mais non significative (Tableau 8). Les pentes pour les COM et FO sont similaires. Elle est plus élevée pour les PRE1. Les PUE moyennes des PRE1 ont augmenté continuellement depuis 2007 (Figure 11). Les PUE des COM et des FO ont augmenté entre 2009 et 2011. Elles ont été assez stables entre 2007 et 2009. Les PUE des PRE2 ont fluctué mais sans tendance claire. En 2011, les PUE moyennes ont été les plus élevées depuis 2007 pour toutes les catégories de homard.

Tableau 8. Résultats des régressions linéaires calculées entre les PUE moyennes des différents catégories de homard pour l'ensemble de la ZPH 20 et l'année.

| Catégorie | Pente | $R^2$ | t | p |
|---|---|---|---|---|
| COM | 0,0627 | 0,81 | 3,61 | 0,0366 |
| PRE1 | 0,1516 | 0,98 | 12,62 | 0,0011 |
| PRE2 | 0,0879 | 0,45 | 1,55 | 0,2179 |
| FO | 0,0600 | 0,81 | 3,63 | 0,0360 |

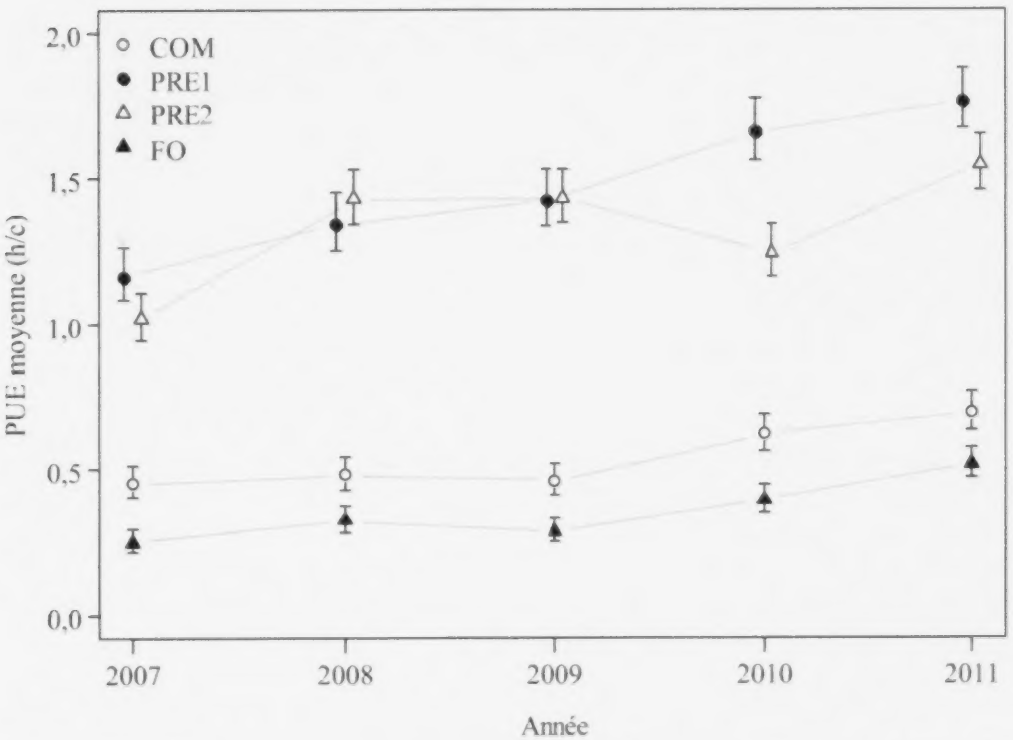



Figure 11. PUE moyennes (± intervalle de confiance) pour les quatre catégories de homard (COM, PRE1, PRE2 et FO) de 2007 à 2011.

### 3.3 Structure spatio-temporelle

L'examen des résultats issus des analyses de comparaisons multiples (section 3.2.1) suggère l'existence d'une structure spatiale dans la distribution des différentes catégories de homard sur le territoire couvert par l'étude. La corrélation entre l'abondance des homards de la catégorie COM des différentes sous-zones entre deux années consécutives est positive et significative (Tableau 9; Annexe 14). Il en est de même pour la catégorie PRE1 (Tableau 9; Annexe 15). Ces corrélations positives indiquent que les différences

dans l'abondance du homard des catégories COM et PRE1 entre les sous-zones sont constantes dans le temps, du moins pour les années 2007 à 2011. Cette analyse indique qu'il existe sur le territoire d'étude des sous-zones où l'abondance est, de façon durable, plus faible ou plus forte qu'ailleurs. Cette structure spatiale apparaît aussi pour la catégorie de homards PRE2, sauf en 2010, où l'abondance de PRE2 est apparue plutôt homogène sur l'ensemble du territoire (Annexe 16). Il existe aussi une structure spatiale chez les femelles œuvées (FO) qui a été plus apparente depuis 2008 (Tableau 9; Annexe 17) s'estompant ensuite en 2011.

Tableau 9. Coefficients de corrélation (r) entre l'abondance de homard dans les différentes sous-zones entre deux années consécutives, pour chaque catégorie de homard. La valeur de p est indiquée pour chaque coefficient de corrélation (r).

| Catégorie | Années | r | p |
|---|---|---|---|
| COM | 2007 - 2008 | 0,65 | 0,0218 |
| | 2008 - 2009 | 0,63 | 0,0290 |
| | 2009 - 2010 | 0,68 | 0,0215 |
| | 2010 - 2011 | 0,64 | 0,0262 |
| PRE1 | 2007 - 2008 | 0,86 | 0,0003 |
| | 2008 - 2009 | 0,93 | 0,0000 |
| | 2009 - 2010 | 0,79 | 0,0022 |
| | 2010 - 2011 | 0,80 | 0,0029 |
| PRE2 | 2007 - 2008 | 0,69 | 0,0132 |
| | 2008 - 2009 | 0,64 | 0,0470 |
| | 2009 - 2010 | 0,16 | 0,6404 |
| | 2010 - 2011 | 0,33 | 0,3261 |
| FO | 2007 - 2008 | -0,14 | 0,6954 |
| | 2008 - 2009 | 0,71 | 0,0224 |
| | 2009 - 2010 | 0,88 | 0,0003 |
| | 2010 - 2011 | 0,47 | 0,1420 |

### 3.4 Outil de prévision du recrutement à la pêche

#### 3.4.1. Prévisions – sous-zones

Les relations entre les PUE des PRE1 une année donnée ($PRE1_t$) et les COM l'année suivante ($COM_{t+1}$), entre $PRE2_t$ et $PRE1_{t+1}$ et entre $PRE2_t$ et $COM_{t+2}$, pour toutes les sous-zones mises ensemble, ne montrent pas de relations significatives ($p>0,05$) (Annexe 18). Les COM, PRE1 et PRE2 sont constitués ici des mâles des classes de taille 5 et 6, 4 et 3 respectivement. Cependant, lorsque l'on examine ces figures plus en détail, on voit se profiler des tendances au sein des zones 20A et 20B. De plus, à l'intérieur de ces zones, certains groupes de sous-zones semblent aussi se démarquer (Figures 12 à 14).

*3.4.1.1. Relations entre* $PRE1_t$ et $COM_{t+1}$

Il y a une relation positive entre les $PRE1_t$ et les $COM_{t+1}$ pour la zone 20A (Figure 12A). De plus, dans cette zone, on distingue un groupe de sous-zones (Groupe I : 20A4, 20A6 et 20A7) où les PUE de PRE1 et de COM sont relativement faibles et un autre groupe (Groupe II : 20A5, 20A8, 20A9 et 20A9A) où les valeurs sont plus élevées (Figure 12A, Annexe 19). Pour l'ensemble de la zone 20A, la relation entre $PRE1_t$ et $COM_{t+1}$ est positive et significative (Tableau 10). La variabilité des $COM_{t+1}$ est expliquée à 61 % par la variabilité des $PRE1_t$. La PUE des COM représente environ 30% de la PUE des PRE1 de l'année précédente. La relation tend aussi à être positive entre les années pour chacune des sous-zones de 20A (Annexe 19A) et à chaque année (Annexe 19B). La situation est différente dans la zone 20B où l'on observe plutôt une relation négative entre $PRE1_t$ et $COM_{t+1}$ (Figure 12B, Annexe 19D). La relation est toutefois non significative (Tableau 10). On retrouve dans 20B un groupe de sous-zones (Groupe III : 20B1 et 20B2) où l'abondance des $COM_{t+1}$ est relativement élevée malgré la faible abondance des $PRE1_t$. On y retrouve également un sous-groupe (Groupe IV : 20B3, 20B4 et 20B5) où les $COM_{t+1}$ restent assez constants quelle que soit la valeur de $PRE1_t$ (Figure 12B). La relation reflète un gradient spatial dans l'abondance du homard allant de 20B1 à 20B5 qui est positif pour PRE1 et négatif pour COM. Pour chacune des sous-zones de 20B, la relation entre $PRE1_t$ et $COM_{t+1}$ est positive avec une pente forte pour 20B1 et 20B2 qui diminue en allant vers 20B5 (Annexe 19C).

*3.4.1.2. Relations entre* $PRE2_t$ et $PRE1_{t+1}$

On observe des tendances positives mais non significatives entre $PRE2_t$ et $PRE1_{t+1}$ dans la zone 20A (Figure 13A, Tableau 10). La tendance est plus claire pour le groupe II. Pour une même abondance de PRE2, il y a davantage de $PRE1_{t+1}$ pour les sous-zones du groupe II que pour les sous-zones du groupe I (Figure 13A). Les tendances par sous-zone (Annexe 20A) ainsi que les tendances par année (Annexe 20B) varient beaucoup (positives à négatives). Il y a une relation positive significative (Tableau 10) entre les $PRE2_t$ et les $PRE1_{t+1}$ pour la zone 20B (Figure 13B). On reconnaît les groupes III et IV caractérisés respectivement par des valeurs faibles et fortes de $PRE2_t$ et $PRE1_{t+1}$. De plus, la relation entre $PRE2_t$ et $PRE1_{t+1}$ tend aussi à être positive entre les années et pour chaque sous-zone (Annexe 20C et D).

*3.4.1.3. Relations entre* $PRE2_t$ et $COM_{t+2}$

Il n'y a pas de relation claire entre $PRE2_t$ et $COM_{t+2}$ dans la zone 20A, même à l'échelle des deux groupes de sous-zones (Figure 14 A), quoique des tendances positives, mais non significatives sont visibles (Tableau 10). Ce patron est similaire à celui que l'on retrouve entre $PRE2_t$ et $PRE1_{t+1}$. Les tendances par sous-zone et année (Annexe 21A et B) varient

beaucoup (positives à négatives) et ne présentent pas de patron clair. Dans la zone 20B, la relation entre $PRE2_t$ et $COM_{t+2}$ est négative et significative (Figure 14B, Tableau 10, Annexe 21D). On retrouve le groupe III caractérisé par des valeurs faibles de $PRE2_t$ et le groupe IV avec des valeurs plus élevées (Figure 14B). Au même titre que la relation entre $PRE1_t$ et $COM_{t+1}$, il existe un gradient spatial d'abondance entre 20B1 et 20B5 qui est positif pour $PRE2_t$ et négatif pour $COM_{t+1}$. Les tendances par sous-zone (Annexe 21C) varient beaucoup (positives à négatives).

Tableau 10. Résultats des régressions linéaires calculées entre les différentes catégories (classes) de homard pour des intervalles de temps de 1 ou 2 ans. Les résultats sont basés sur les PUE moyennes annuelles estimées par sous-zone.

| Classes | Zones | Pente | Ordonnée à l'origine | $R^2$ | F | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $PRE1_t$ (classe 4)-$COM_{t+1}$ (classes 5-6) | 20A | 0,3002 | 0,0696 | 0,61 | 38,01 | < 0,0001 |
| | 20B | -0,1478 | 0,3538 | 0,11 | 2,31 | 0,1460 |
| $PRE2_t$ (classe 3)-$PRE1_{t+1}$ (classe 4) | 20A-I | 0,5651 | 0,0278 | 0,20 | 2,20 | 0,1718 |
| | 20A-II | 0,4970 | 0,6366 | 0,08 | 1,17 | 0,2990 |
| | 20B | 1,2310 | 0,0484 | 0,68 | 33,31 | < 0,0001 |
| $PRE2_t$ (classe 3)-$COM_{t+2}$ (classes 5-6) | 20A-I | 0,0824 | 0,1115 | 0,06 | 0,39 | 0,5556 |
| | 20A-II | 0,3050 | 0,2215 | 0,19 | 1,86 | 0,2095 |
| | 20B | -0,2575 | 0,3723 | 0,12 | 4,46 | 0,0422 |

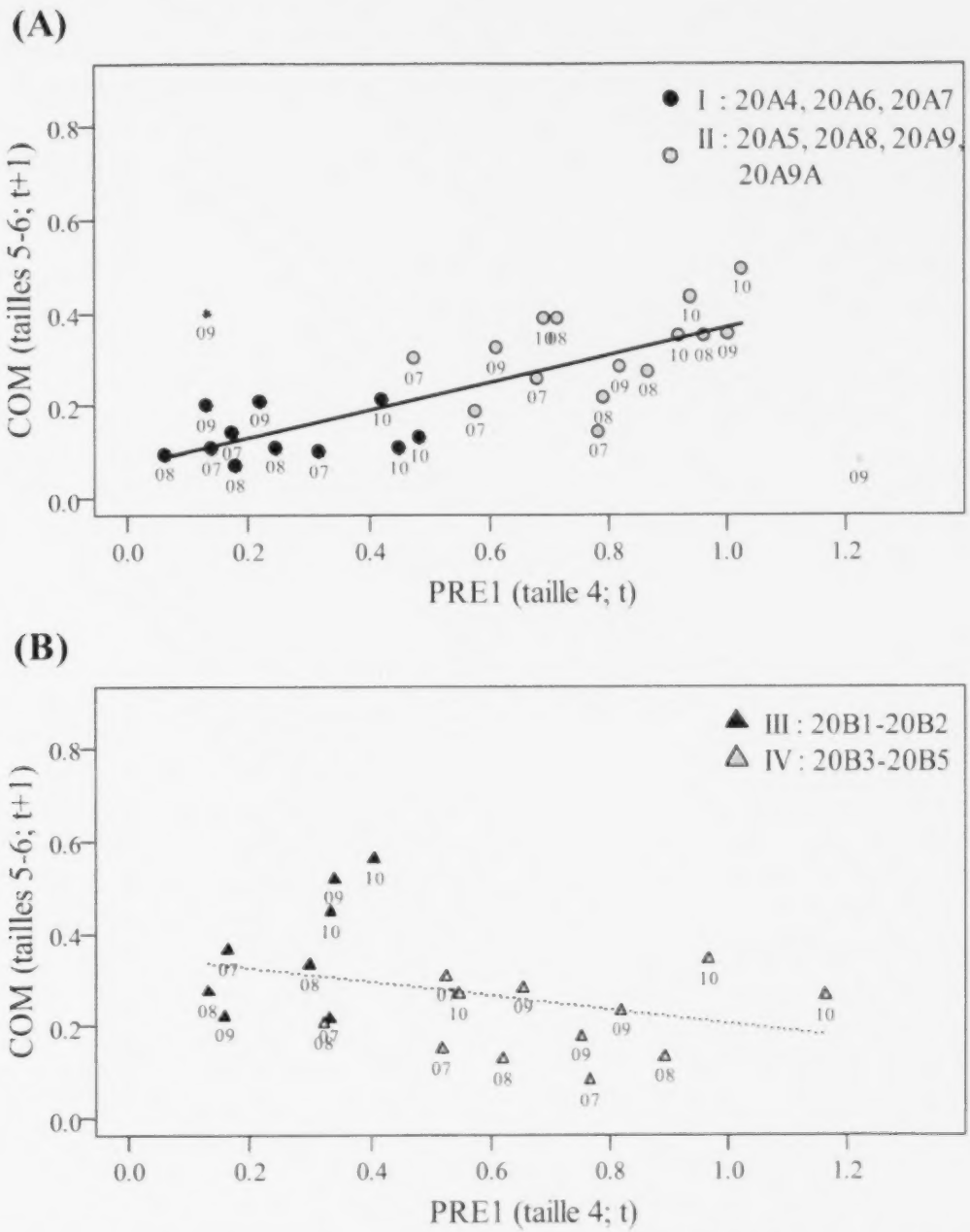



Figure 12. Relations entre $PRE1_t$ (taille 4) et $COM_{t+1}$ (tailles 5-6). Les points sont des moyennes annuelles par sous-zone. Les chiffres situés sous chaque point représentent l'année au temps « t ». Les zones 20A et 20B sont respectivement présentées en (A) et (B). Les lignes représentent les droites de régression décrites au Tableau 10 (pointillée : $p \geq 0,05$, pleine : $p < 0,05$). Les valeurs extrêmes sont identifiées par « * » et n'ont pas été considérées dans l'analyse.

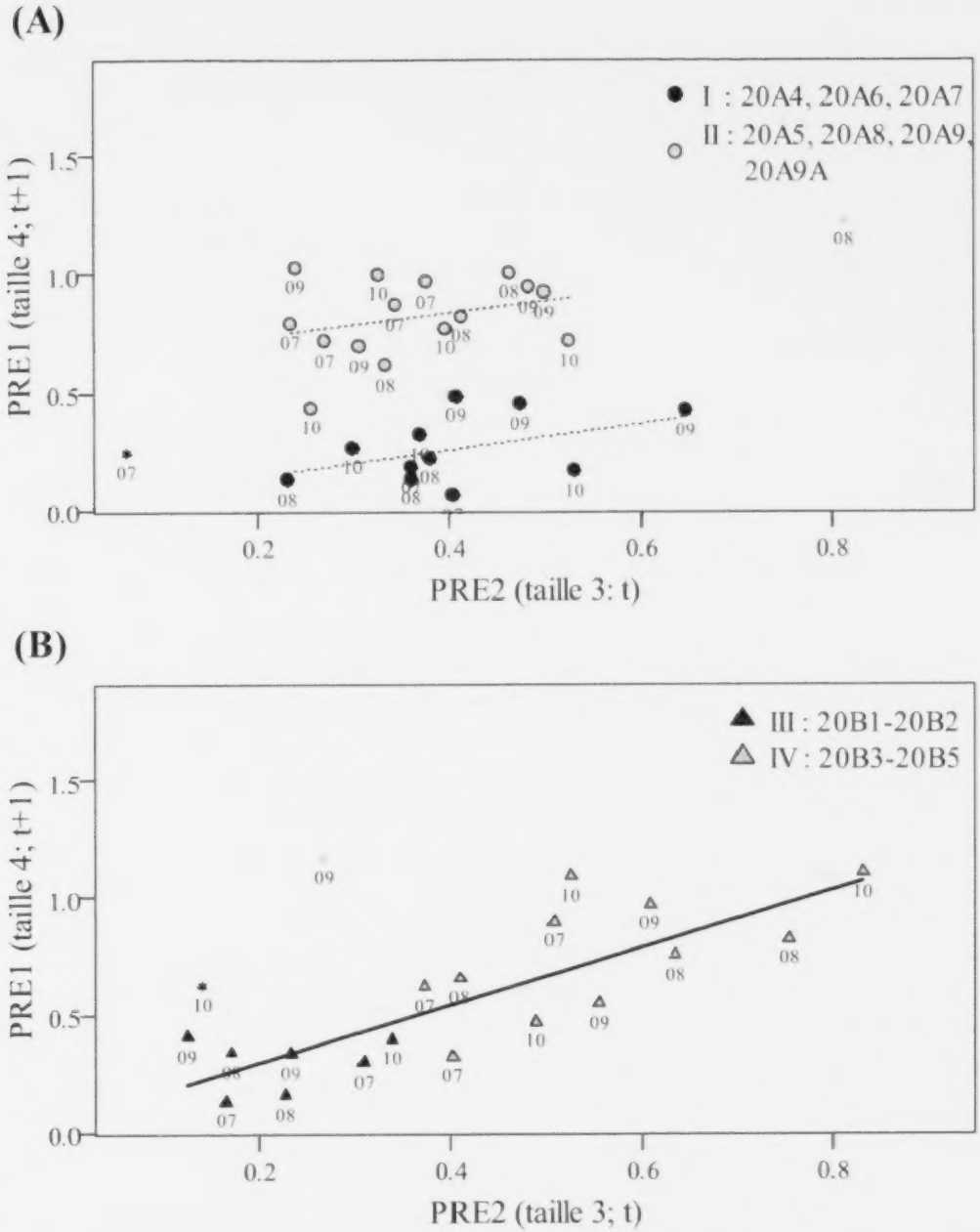



Figure 13. Relations entre $PRE2_t$ (taille 3) et $PRE1_{t+1}$ (taille 4). Les points sont des moyennes annuelles par sous-zone. Les chiffres situés sous chaque point représentent l'année au temps « t ». Les zones 20A et 20B sont respectivement présentées en (A) et (B). Les lignes représentent les droites de régression décrites au Tableau 10 (pointillée : $p \geq 0,05$, pleine : $p < 0,05$). Les valeurs extrêmes sont identifiées par « * » et n'ont pas été considérées dans l'analyse.

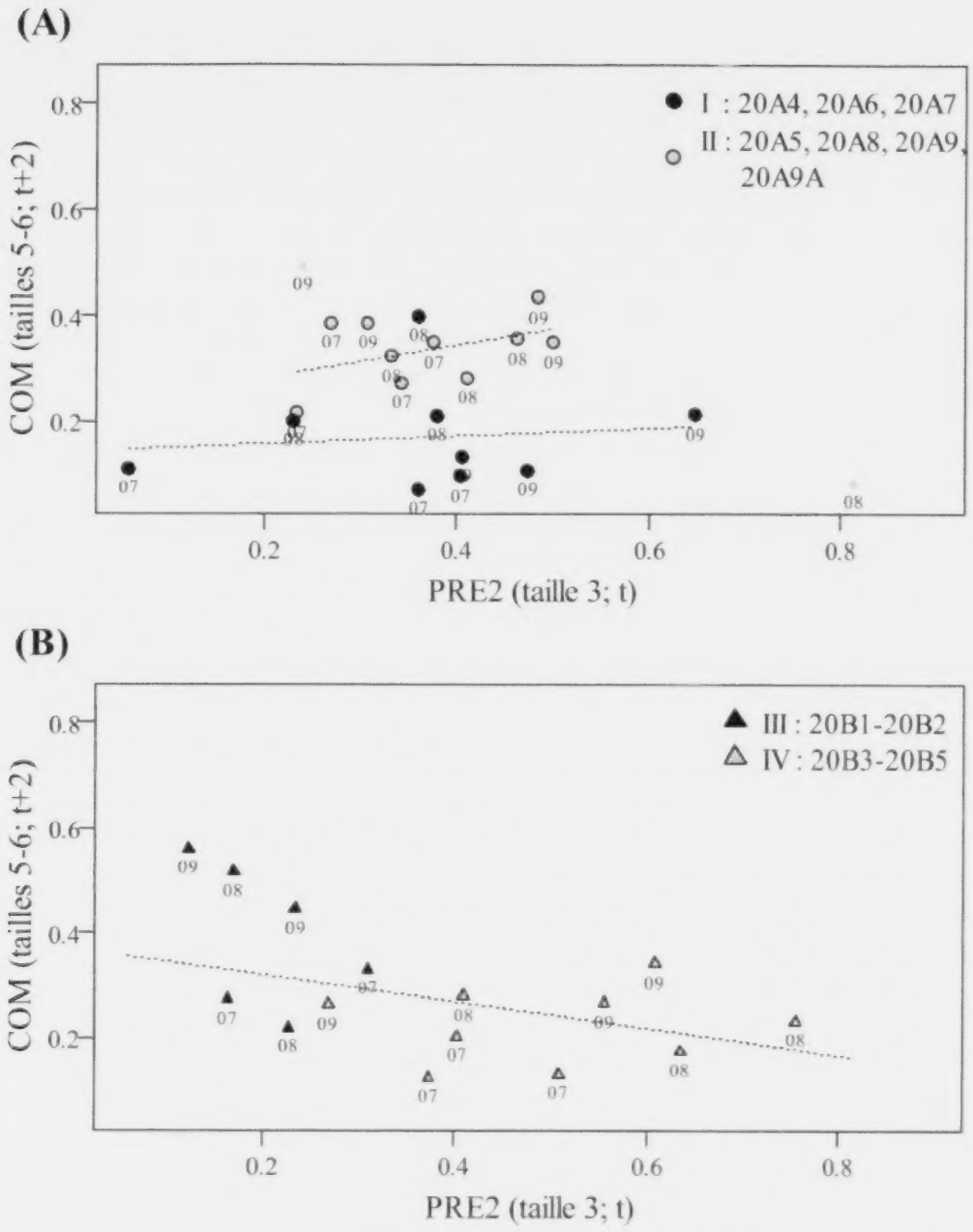



Figure 14. Relations entre $PRE2_t$ (taille 3) et $COM_{t+2}$ (tailles 5-6). Les points sont des moyennes annuelles par sous-zone. Les chiffres situés sous chaque point représentent l'année au temps « t ». Les zones 20A et 20B sont respectivement présentées en (A) et (B). Les lignes représentent les droites de régression décrites au Tableau 10Tableau (pointillée : $p \geq 0,05$, pleine : $p < 0,05$). Les valeurs extrêmes sont identifiées par « * » et n'ont pas été considérées dans l'analyse.

### 3.4.2. Prévisions – zones 20A et 20B

Les relations entre les classes de tailles $PRE1_t$-$COM_{t+1}$ et $PRE2_t$-$PRE1_{t+1}$ sont positives pour les deux zones (Figures 15 et 16), mais significatives que pour la zone 20B (Tableau 11). Entre $PRE2_t$ et $COM_{t+2}$, les relations sont non significatives et les tendances sont difficiles à déterminer (Figure 17).

Tableau 11. Résultats des régressions linéaires entre les différentes catégories de homard pour des intervalles de temps de 1 ou 2 ans. Les résultats sont basés sur les PUE moyennes annuelles estimées par zone.

| Classes | Zones | Pente | Ordonnée à l'origine | $R^2$ | F | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $PRE1_t$ (classe 4)-$COM_{t+1}$ (classes 5-6) | 20A | 0,4333 | -0,0072 | 0,87 | 13,29 | 0,0676 |
| | 20B | 0,7158 | -0,1027 | 0,99 | 657,90 | 0,0015 |
| $PRE2_t$ (classe 3)-$PRE1_{t+1}$ (classe 4) | 20A | 1,3750 | -0,0074 | 0,41 | 1,40 | 0,3587 |
| | 20B | 1,4743 | -0,1240 | 0,99 | 171,50 | 0,0058 |
| $PRE2_t$ (classe 3)-$COM_{t+2}$ (classes 5-6) | 20A | 0,3178 | 0,3411 | 0,47 | 0,89 | 0,5182 |
| | 20B | -0,1194 | 0,5889 | < 0,01 | < 0,01 | 0,9569 |

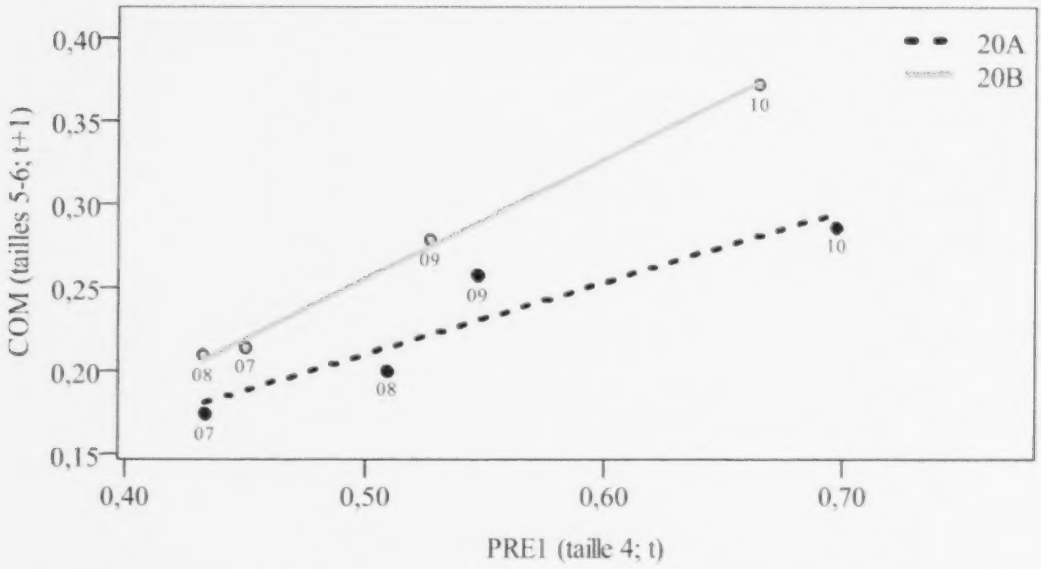



Figure 15. Relations entre $PRE1_t$ (taille 4) et $COM_{t+1}$ (tailles 5-6) pour chaque zone (20A et 20B). Les points sont des moyennes annuelles par zone. Les chiffres situés sous chaque point représentent l'année au temps « t ». Les lignes représentent les droites de régression décrites au Tableau 11 (pointillée : $p \geq 0,05$, pleine : $p < 0,05$).

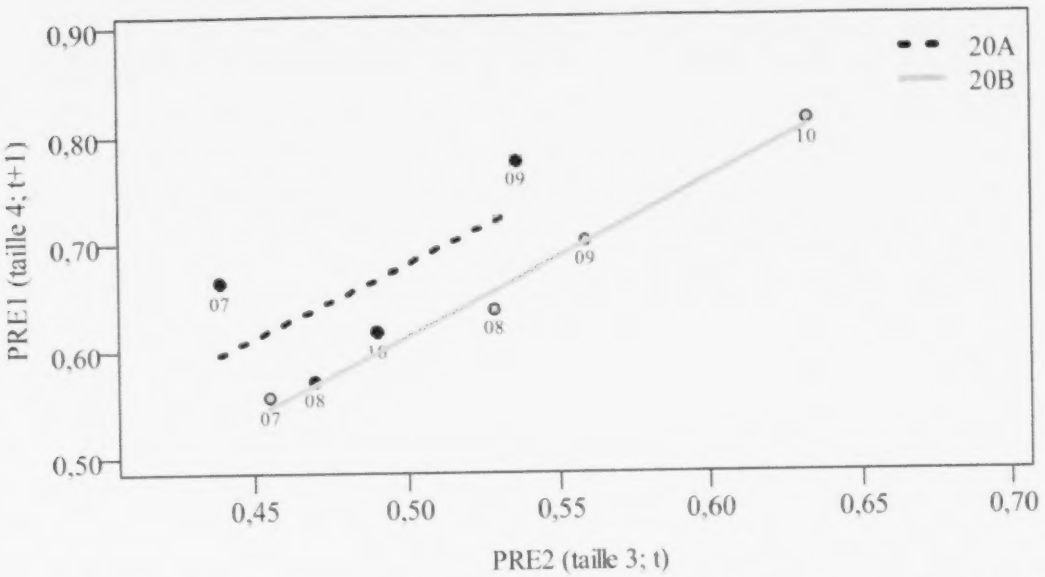



Figure 16. Relations entre $PRE2_t$ (taille 3) et $PRE1_{t+1}$ (taille 4) pour chaque zone (20A et 20B). Les points sont des moyennes annuelles par zone. Les chiffres situés sous chaque point représentent l'année au temps « t ». Les lignes représentent les droites de régression décrites au Tableau 11 (pointillée : $p \geq 0,05$, pleine : $p < 0,05$).

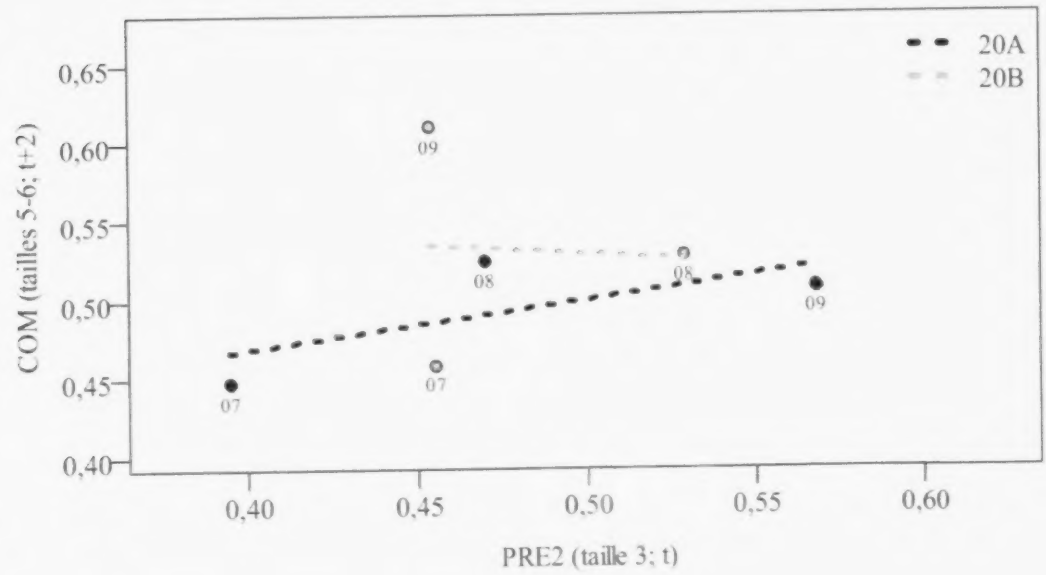



Figure 17. Relations entre $PRE2_t$ (taille 3) et $COM_{t+2}$ (tailles 5-6) pour chaque zone (20A et 20B). Les points sont des moyennes annuelles par zone. Les chiffres situés sous chaque point représentent l'année au temps « t ». Les lignes représentent les droites de régression décrites au Tableau 11(pointillée : $p \geq 0,05$, pleine : $p < 0,05$).

# 4.0 DISCUSSION

Le premier objectif de ce projet était de décrire la distribution spatio-temporelle de différentes catégories de homard à l'aide d'un indice d'abondance (PUE) provenant d'une pêche expérimentale. Le second était de voir si l'abondance de prérecrues pouvait être utilisée pour prévoir l'abondance des recrues à la pêche une ou deux années à l'avance. Une particularité importante de ce projet a été que le plan d'échantillonnage et la prise des données ont été réalisés par les pêcheurs eux-mêmes. Les pêcheurs ont travaillé quotidiennement tout au long de la saison de pêche avec des engins de pêche commerciaux dont certains avaient été modifiés pour conserver les petits homards. Cette approche a été retenue à la demande des pêcheurs eux-mêmes qui voulaient s'impliquer dans la récolte de données sur leur stock. Le projet a été conçu en se basant sur ce qui se faisait déjà ailleurs dans le golfe du Saint-Laurent et sur la côte atlantique, notamment au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse (Comeau *et al.* 2008 et Tremblay *et al.* 2011, 2012), ce qui semblait convenir pour la Gaspésie. L'échantillonnage de homards prérecrues nécessite l'utilisation d'un engin autre que le casier utilisé par les pêcheurs puisque celui-ci est très sélectif et ne retient que faiblement les homards de taille inférieure à la taille commerciale en raison des évents d'échappement règlementaires (Gauthier et Hazel 1986). Dans les études de recrutement menées aux Îles-de-la-Madeleine, on utilise un chalut à portes *Nephrops* qui permet la capture de petits homards (Gendron et Savard 2012). Le chalut est utilisé sur des fonds sablonneux au pourtour des récifs rocheux. Or, en Gaspésie, on ne retrouve pas ces grandes étendues sablonneuses si bien que l'utilisation du chalut n'est pas possible. Des essais ont été réalisés en 2004 dans les sous-zones 20A6 et 20A10 mais se sont avérés infructueux (L. Gendron, données non publiées). C'est pourquoi l'utilisation de casiers à homard dont les évents d'échappement ont été bouchés a été privilégiée.

## 4.1 Mesure de l'indice d'abondance (PUE)

L'implication des pêcheurs a permis d'avoir une couverture spatiale et temporelle beaucoup plus grande que celle obtenue à partir du programme d'échantillonnage régulier du MPO. Le programme d'échantillonnage du homard du MPO de la ZPH 20 en Gaspésie se fait annuellement depuis 1986 à trois sites (20A2, 20A8-A9 et 20B5-B6, voir Figure 1). À chaque année et à chaque site, six échantillons sont recueillis (2 bateaux par site × 3 sorties par bateau; un échantillon = mesure de tous les homards capturés une journée) (Gendron et Savard 2012). Comeau *et al.* (2009) ont démontré qu'une plus grande couverture spatiale et temporelle pouvait être plus avantageuse qu'un

échantillonnage ponctuel effectué seulement deux ou trois fois dans la saison, car elle permettait de diminuer l'incertitude sur l'estimation de la PUE saisonnière. De plus, en raison de la meilleure couverture spatiale, il était possible d'inférer les résultats à une plus grande région. Par contre, ils ont montré que la précision des mesures de la PUE journalière était généralement plus faible en raison du nombre plus faible de casiers utilisés, si l'on compare par exemple au programme d'échantillonnage du MPO, où tous les casiers levés au cours d'une journée de pêche sont échantillonnés (n=235). Dans la présente étude, l'utilisation de seulement deux casiers standards et deux casiers modifiés par jour de pêche et par pêcheur a eu un impact sur la précision de l'indice d'abondance, qui était encore plus marqué lorsque les PUE étaient faibles. En effet, lorsque l'abondance du homard est faible, la probabilité de le capturer est faible et peut même être inférieure à ce que le plan d'échantillonnage permet de détecter. Le nombre de casiers utilisés dans notre étude était probablement insuffisant pour obtenir une bonne précision pour des PUE moyennes qui étaient inférieures ou égales à 0,5 homard/casier. Pour augmenter la précision, il faudrait éventuellement songer à augmenter (doubler) le nombre de casiers modifiés et/ou réguliers qui sont déployés quotidiennement. Ceci se traduirait par un meilleur potentiel de capture du homard même lorsqu'il est en faible abondance.

La mesure de l'abondance d'une espèce par des engins de pêche appâtés soulève toujours la question de la capturabilité de l'espèce ciblée. La capturabilité du homard est liée à son comportement qui peut être affecté par la température de l'eau, les courants, le type d'appât (voir revue par Miller 1990) ainsi que par la biologie de l'espèce, à savoir le sexe, la taille et le stade de mue ou la condition reproductive. On sait depuis fort longtemps que la capturabilité du homard augmente avec l'augmentation de la température de l'eau (McLeese et Wilder 1958), ce qui peut avoir un effet direct sur les PUE. Dans la pêche au homard en Gaspésie, on observe des PUE élevées en début de saison de pêche si le printemps est hâtif et l'inverse si le printemps est tardif. Les profils saisonniers des PUE sont donc souvent affectés par la température en début de saison de pêche et ce indépendamment de l'abondance du homard. Le fait d'avoir collecté des données sur l'ensemble de la saison de pêche a permis de calculer des PUE moyennes annuelles qui reflètent davantage l'abondance du homard et qui sont comparables d'une année à l'autre.

La capturabilité du homard est aussi affectée par les interactions compétitives intra et interspécifiques pouvant avoir lieu à l'entrée du casier (Miller 1990, Richards *et al.* 1983). On a déjà observé que la présence de homards de grande taille dans un casier inhibait l'entrée de homards plus petits (Miller 1989, Richards *et al.* 1983). Bien que ces interactions se manifestent principalement à des densités élevées, Smolowitz (1978) mentionne qu'il suffit parfois d'un ou deux homards dans un casier pour influencer la

capture des suivants. Dans notre étude, nous avons observé une légère tendance à une augmentation de la quantité de PRE1 et PRE2 en fonction du temps (Annexes 2 et 3). Cette augmentation est associée à la diminution des COM (Annexe 1), mais il n'est pas possible d'établir un lien causal entre les deux tendances. Dans une étude similaire réalisée en Nouvelle-Écosse, on a aussi observé à certaines occasions, une augmentation des PUE des prérecrues en même temps qu'une diminution des PUE des homards commerciaux. Aucun lien causal n'a été établi entre ces deux événements et on a plutôt attribué l'augmentation des PUE des prérecrues à une augmentation de la capturabilité due à la température plus chaude en fin de saison de pêche (Tremblay *et al.* 2011). Le fait d'avoir des données sur toute, ou une grande partie, de la saison de pêche et non seulement sur une courte période de temps variable d'une année à l'autre, permet de calculer des moyennes annuelles qui reflètent davantage l'abondance du homard et qui sont comparables d'une année à l'autre. L'idée de recourir à des anneaux d'entrée plus petits comme en Nouvelle-Écosse (Tremblay *et al.* 2011) afin d'atténuer l'effet potentiel de la présence de gros homards dans les casiers sur la capture des prérecrues pourrait cependant être examinée dans le futur.

Une autre source de variation qui pourrait affecter l'indice d'abondance calculé pour une sous-zone est le pêcheur. Il est bon de mentionner que ce ne sont pas toujours les mêmes pêcheurs qui ont participé au projet au fil des ans. Ce roulement de participants est typique pour ce genre de projet. Après avoir participé pendant quelques années, la plupart des pêcheurs considèrent avoir suffisamment contribué et veulent céder leur place à d'autres. Seize pêcheurs ont participé assidûment au projet, ce qui représente une proportion variant de 59 à 72 % de tous les participants selon les années. Nous n'avons pas exclu de l'analyse les pêcheurs n'ayant pas participé au projet depuis le début, ce qui aurait eu comme conséquence d'exclure plusieurs sous-zones des analyses. L'effet pêcheur n'a pas été considéré dans les analyses. Nous savons cependant qu'il peut y avoir des différences entre les pêcheurs et le fait de changer de pêcheur dans une sous-zone une année donnée pourrait potentiellement introduire du bruit et masquer les différences interannuelles et interzonales. En général, les différences qui pourraient exister entre les pêcheurs d'une sous-zone ne sont pas de nature technologique puisque l'effort de pêche est bien contrôlé et que les pêcheurs ont des engins et méthodes de pêche assez équivalents. Les différences qui pourraient exister entre les pêcheurs seraient plutôt reliées aux fonds qui sont pêchés par chacun. Malgré qu'il s'agisse d'une pêche compétitive, les pêcheurs ont toujours maintenu, par tradition, une certaine territorialité. Les coordonnées géographiques, bien que partielles, indiquent cette ségrégation spatiale des pêcheurs à l'intérieur d'une sous-zone. Des différences entre les pêcheurs pourraient donc apparaître si ceux-ci étaient confinés à exploiter des fonds de productivité

différente. Cela dit, il est raisonnable de suggérer que la variance inter-pêcheur à l'intérieur d'une sous-zone, associée à la position géographique des échantillons, peut être une approximation de la variance réelle de l'abondance du homard dans cette sous-zone.

Bien que plusieurs facteurs aient pu influencer les taux de capture, nous postulons néanmoins que les variations observées dans les PUE constituent un indicateur de changements dans l'abondance du homard, et c'est ainsi qu'elles sont interprétées dans les sections qui suivent. Nous considérons que les méthodes de regroupement et de traitement des données qui ont été faites ont permis de contrôler une certaine partie de la variabilité et éliminer un peu de bruit dans les données. Le calcul d'une PUE moyenne permettant de représenter également deux périodes de pêche différentes et la réduction de l'impact de valeurs nulles par la compilation des données sur une base hebdomadaire ont permis de structurer les données de manière à en faciliter les comparaisons interannuelles et interzonales. Dans le futur, des analyses plus approfondies des données pourraient être tentées. En ce sens, différents types de modèles (GLM, GAM, GAMM) pourraient être appliqués aux données pour tenter de diminuer la proportion de variation inexpliquée et de mieux faire ressortir les différences interannuelles entre les sous-zones dans l'abondance du homard, en introduisant dans les modèles des variables explicatives quantitatives (e.g. température).

### 4.2 Variations spatio-temporelles de l'abondance (PUE)

L'analyse de la variabilité spatiale et temporelle des PUE a été faite tout d'abord par une ANOVA. En raison de la grande variabilité dans les données, seuls les grands écarts de PUE se sont démarqués statistiquement lors les analyses de comparaisons multiples. Par contre, l'examen complémentaire de la distribution des valeurs d'abondance par rapport aux 25$^{e}$, 50$^{e}$ (médiane) et 75$^{e}$ centiles de la distribution de l'ensemble des valeurs a permis de faire ressortir certains patrons et tendances.

Au cours de la période d'étude, de 2007 à 2011, on a observé, dans l'ensemble, une tendance à la hausse dans les PUE. Entre 2009 et 2010 plus particulièrement, il y a eu une augmentation relativement forte de l'abondance des PRE1, COM et FO. L'année 2011 a été celle où la PUE moyenne était la plus élevée pour toutes les catégories de homard. À titre de comparaison, les débarquements de homard enregistrés en Gaspésie pour cette même période ont également montré une augmentation (MPO 2012).

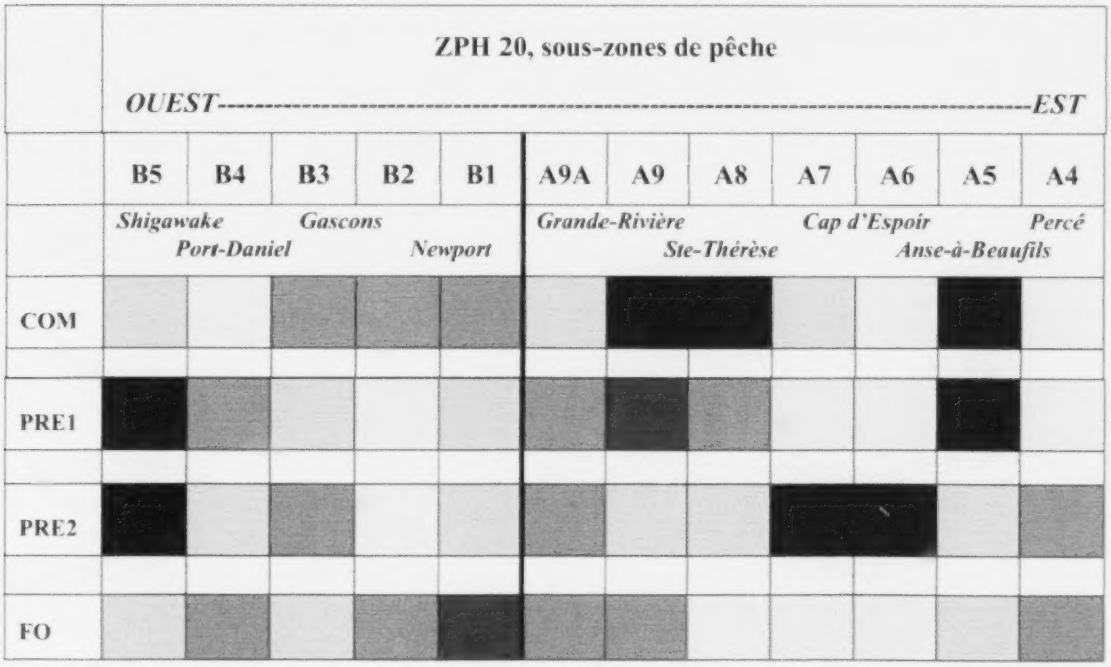
La comparaison des PUE entre les différentes sous-zones au cours des cinq années de l'étude a permis de montrer qu'il y avait une hétérogénéité spatiale relativement importante dans l'abondance du homard sur l'ensemble du territoire et ce, pour chacune des catégories de homard. L'analyse de corrélation a montré une certaine constance d'une

année à l'autre dans les écarts d'abondance entre les sous-zones et ce, pour chacune des catégories de homard. Ce résultat indique qu'il y aurait effectivement une structure spatiale dans la distribution du homard en Gaspésie, avec des régions de forte abondance et d'autres d'abondance relativement plus faible. Ces différences pourraient être liées à des caractéristiques du milieu qui seraient plus favorables à certains endroits que d'autres pour certaines catégories de homard. Ainsi, on décèle quelques secteurs où les homards commerciaux (COM) sont toujours plus abondants, soit de Ste-Thérèse à Gascons (20A8 à 20B3) ainsi qu'un petit secteur d'Anse-à-Beaufils (20A5). En contrepartie, on reconnaît des secteurs où l'abondance est plus faible, soit Port-Daniel et Shigawake (20B4 et 20B5) d'une part, et les secteurs à l'est et à l'ouest d'Anse-à-Beaufils (20A4 et 20A6) d'autre part. L'hétérogénéité dans l'abondance du homard en Gaspésie a déjà été constatée dans le passé, à partir des débarquements et de différentes échantillonnages (Gendron et Savard, 2003, 2008 et 2012). Le secteur de Ste-Thérèse et Grande-Rivière (20A8 et 20A9) a toujours été considéré comme une zone d'abondance relativement élevée alors que les secteurs les plus en amont de la zone 20B ont souvent montré une abondance relativement plus faible, ce qui est similaire aux résultats de la présente étude. L'implantation d'un journal de bord quotidien obligatoire pour tous les pêcheurs de la Gaspésie (174 pêcheurs dans la zone 20) à compter de 2012 permettra d'avoir une idée beaucoup plus précise des patrons spatiaux d'abondance du homard en Gaspésie et comment ceux-ci évoluent dans le temps. Il demeure encore difficile et incertain de définir les patrons de distribution du homard en Gaspésie à partir de données prises sur de petites échelles spatiales ou temporelles ou en l'absence de données essentielles comme l'effort de pêche.

On a observé des contrastes plus forts entre les sous-zones pour les prérecrues 70-82 mm (PRE1). Ste-Thérèse et Grande-Rivière (20A8 à 20A9), un petit secteur d'Anse-à-Beaufils (20A5), ainsi que Port-Daniel et Shigawake (20B4 et 20B5) constituent des secteurs de forte abondance. En contrepartie, peu de prérecrues ont été observées au cours des cinq années de l'étude dans les secteurs à l'est et à l'ouest d'Anse-à-Beaufils (20A4 et 20A6), Cap d'Espoir (20A7) et de Newport à Gascons (20B1 à 20B3). Les prérecrues < 70 mm (PRE2) ont toujours été relativement abondantes dans les secteurs à l'est et à l'ouest de l'Anse-à-Beaufils (20A4 et 20A6) et Cap d'Espoir (20A7) et à Shigawake (20B5). Par contre, très peu de petits homards ont été capturés à Newport-ouest (20B2). Il s'agit ici de la première fois que la distribution des homards prérecrues est décrite dans ces zones. Tel que mentionné plus haut, il existe de l'incertitude sur les patrons décrits en raison de l'échelle spatiale d'observation. Cependant, ils peuvent à tout le moins servir de base à l'élaboration de projets plus ciblés qui permettront de valider et préciser ces patrons de distribution.

En ce qui concerne les femelles oeuvées, c'est dans le secteur de Newport-Ouest (20B1) qu'elles sont apparues très abondantes, et ce, au cours des cinq années de l'étude. Elles sont apparues en nombre relativement plus faible dans le secteur allant de l'Anse-à-Beaufils à Grande-Rivière (20A6 à 20A8). Un échantillonnage en mer effectué en Gaspésie en 2004, et couvrant presque toutes les sous-zones, avait permis d'obtenir également des informations sur la répartition spatiale des femelles œuvées et plus particulièrement celles de grande taille (Gendron et Savard 2008). Cette étude montrait également que la répartition de l'abondance n'était pas homogène sur tout le territoire, avec des patrons qui pourraient s'apparenter à ceux décrits ci-haut.

Le schéma suivant récapitule l'information sur l'abondance des différentes catégories de homard observées au cours des cinq années de l'étude. Les zones sont classées selon un gradient croissant d'abondance allant du plus pâle au plus foncé. Les zones de plus forte abondance (en noir) correspondent à celles dont l'ensemble des valeurs de PUE sont au-dessus du 75$^{e}$ centile. Les autres catégories, gris foncé, gris moyen et gris pâle, correspondent aux zones dont les valeurs de PUE se situent respectivement entre la médiane et le 75$^{e}$ centile, entre le 25$^{e}$ centile et la médiane et sous le 25 $^{e}$ centile (voir section 3.2).



### 4.3 INDICATEUR DE RECRUTEMENT

Le deuxième objectif de l'étude était d'évaluer le potentiel de l'indice d'abondance des prérecrues à prédire l'abondance des homards de taille commerciale (COM) une année ou deux à l'avance. Afin de réduire le bruit dans les données et ainsi faciliter les analyses, l'étude des relations interannuelles a été faite sur les mâles uniquement. L'étude des relations interannuelles chez les femelles est plus complexe et doit tenir compte du fait qu'une femelle prérecrue pourrait pondre une année donnée, retardant ainsi d'un an son entrée dans la pêche comme recrue. Les analyses ont été restreintes aux classes de tailles 3, 4 et 5-6 qui correspondent chacune, à des classes de mue successives (Tableau 2).

Nos données indiquent que pour 20A, l'abondance des homards commerciaux (nouvelles recrues, COM, classes 5-6) une année donnée peut être prédite par l'abondance des prérecrues une mue avant la taille commerciale (PRE1, classe 4) mesurée l'année précédente. La régression calculée entre les deux groupes est positive et significative. La prévision semble réalisable pour l'ensemble de la zone 20A ainsi que pour les deux groupes de sous-zones identifiés plus haut (section 3.4), qui sont caractérisés l'un par une faible et l'autre par une forte abondance à la fois de prérecrues et de homards commerciaux.

La situation est apparue un peu plus complexe dans la zone 20B où la relation entre les $PRE1_t$ et les $COM_{t+1}$ était négative et non significative. Cependant, cette relation négative semble résulter d'un gradient spatial inverse dans l'abondance des prérecrues et des commerciaux entre Gascons (20B1) et Shigawake (20B5). Le gradient est positif pour les commerciaux et négatif pour les prérecrues (Annexe 19 C et D). Par contre, à l'intérieur de chaque sous-zone de la zone 20B, la tendance entre les $PRE1_t$ et les $COM_{t+1}$ est positive avec une pente augmentant de 20B5 vers 20B1. En fait, à l'extrême est de 20B (20B1), l'abondance des homards commerciaux est relativement élevée et semble varier de manière indépendante des $PRE1_t$, qui demeurent pratiquement toujours faibles. Dans la partie ouest de 20B (20B5), l'abondance relativement élevée et les variations de $PRE1_t$ semblent peu affecter l'abondance des $COM_{t+1}$ qui demeure plutôt constante et faible (Annexe 19C). On peut présumer à la lumière de ces patrons que dans ce secteur de la Gaspésie, il pourrait y avoir des zones qui seraient plus favorables aux prérecrues et d'autres plus favorables aux homards commerciaux. Les raisons de cette ségrégation spatiale ne sont par contre pas connues pour le moment. La forte abondance des $COM_{t+1}$ à un endroit où les $PRE1_t$ sont faibles, ainsi que la faible abondance des $COM_{t+1}$ malgré une abondance relativement élevée de $PRE1_t$ pourrait être la conséquence du déplacement des homards prérecrues de 20B5 vers 20B1. Dans ce contexte, il serait raisonnable de penser qu'une augmentation de l'abondance des PRE1 en amont de la baie des Chaleurs (20B5 et 20B4) pourrait contribuer au recrutement à la pêche dans les

secteurs situés plus en aval de la baie (20B2 et 20B1). Cette hypothèse est amenée ici car elle est en concordance avec les résultats d'un projet de marquage-recapture de homards correspondant aux catégories PRE1 et COM de la présente étude et réalisé dans ces mêmes secteurs, en 2002 à 2003 (Hardy 2007). Les résultats de cette étude indiquaient alors que les homards provenant des secteurs de 20B5 et 20B6 faisaient des déplacements relativement importants (4,6 ± 0,3 km en moyenne), parallèles à la côte et en majeure partie directionnels vers le nord-est. La distance parcourue dans cette direction spécifique était d'ailleurs plus grande (autour de 6 km) que pour l'ensemble des directions, une distance qui est parfois supérieure à la largeur d'une sous-zone de pêche (Hardy 2007). À ce sujet, il est intéressant de voir que dans 20A, où la relation entre l'abondance des PRE1 et des COM montre une pente positive et constante, les déplacements de homard enregistrés au cours de cette même étude étaient plutôt restreints (1,1 ± 0,1 km) et se faisaient long de la côte sans direction prédominante.

Pour le moment, en raison d'une courte série de données (3 valeurs), il est encore trop tôt pour déterminer si le recrutement à la pêche peut être prédit deux années à l'avance à partir du groupe de prérecrues 2 (PRE2, classe 3). Les relations obtenues entre $COM_{t+2}$ et $PRE2_t$ sont très variables selon les sous-zones. Dans 20B, la relation est inverse, tout comme celle entre $COM_{t+1}$ et $PRE1_t$, et semble reliée au gradient spatial décrit plus haut. La relation entre les $PRE2_t$ et $PRE1_{t+1}$ est par ailleurs très forte, ce qui suggère que les homards des groupes PRE1 et PRE2 pourraient être vraisemblablement retrouvés sur les mêmes fonds. Dans la zone 20A, la relation entre $COM_{t+2}$ et $PRE2_t$ est positive, mais non significative. On observe également une tendance positive entre $PRE2_t$ et $PRE1_{t+1}$ mais elle est n'est pas significative. De plus, pour une même valeur de $PRE2_t$, on peut observer des valeurs différentes de $PRE1_{t+1}$. Ces dernières sont plus élevées pour 20A5, 20A8 et 20A9-A9A (groupe II) que pour 20A4, 20A6 et 20A7 (groupe I). On peut postuler que les sous-zones du groupe I offrent un habitat favorable pour les petits homards (PRE2) mais que lorsque ceux-ci atteindraient une plus grande taille, ils se déplaceraient ailleurs. Par contre, il n'y a pas eu de programme de marquage dans ce secteur qui puisse confirmer ce fait. Il est intéressant de noter que les trois sous-zones du groupe I comptent parmi celles qui supportent les plus fortes abondances de PRE2. Ceci pourrait être une indication de la présence à proximité, de pouponnières, i.e., des lieux favorables pour la survie et la croissance des homards au cours des premières années de leur vie benthique. Cela reste toutefois à vérifier.

Ces observations montrent l'importance de bien connaître la dynamique spatiale et la connectivité spatiale entre les différents groupes de taille de homard dans le développement des outils de prévision. Les relations seront plus difficiles à établir s'il y a des déplacements qui causent une certaine ségrégation spatiale entre les groupes. Lorsque les déplacements se font sans direction prédominante et sur de courtes distances, i.e., à l'intérieur de l'unité spatiale considérée, il est fort probable qu'une relation positive puisse apparaître entre les catégories de homard, facilitant le développement de prévisions. Par contre, dans des secteurs où les déplacements sont directionnels et se font sur de plus grandes distances, i.e., plus grandes que l'unité spatiale d'étude, les liens entre les catégories de homard seront plus difficiles à établir. Dans le cadre de ce travail, nous avons travaillé à l'échelle de la sous-zone, mais il est évident, à la lumière des patrons de distribution spatiale qui semblent se dessiner, que pour le développement de relations de prévisions, l'unité spatiale de travail optimale reste encore à définir. Il reste encore beaucoup de travail à faire pour bien comprendre cette dynamique et il faut voir le présent travail comme étant un premier exercice permettant d'établir certaines bases et de développer d'éventuelles hypothèses de travail.

Nous avons également calculé des PUE moyennes annuelles à l'échelle des zones (20A et 20B), évitant les incertitudes concernant la connectivité spatiale entre les différentes classes de taille à l'échelle des sous-zones. Ceci permet certes de faire des prévisions pour l'ensemble de la zone, mais sans préciser à quels endroits de la zone les changements pourront être observés. Ainsi, l'abondance moyenne des COM (recrues de l'année) une année donnée peut raisonnablement être prédite par celle des PRE1 une année à l'avance. Une plus longue série temporelle est toutefois nécessaire pour mieux faire ressortir la relation entre les différentes classes de tailles et tenter de prévoir à plus long terme (2 ans) la tendance dans l'abondance des homards commerciaux.

## 5.0 CONCLUSION

Les données recueillies entre 2007 et 2011 par les pêcheurs de la Gaspésie ont permis d'améliorer nos connaissances sur la distribution spatiale du homard et de jeter les bases nécessaires au développement d'un outil de prévision du recrutement à la pêche, à partir de mesures de l'abondance des prérecrues. Bien que de multiples sources de variation aient pu affecter la précision de l'indice d'abondance (PUE), nous pensons qu'au travers du bruit, il soit raisonnable de penser que les signaux détectés dans les PUE des différentes catégories de homard puissent être interprétés comme des changements dans l'abondance du homard. Seuls de grands écarts de PUE ont pu se démarquer

statistiquement, mais l'étude des tendances et de la variation relative des PUE nous a permis de faire ressortir quelques patrons spatio-temporels. Nous avons vu qu'au fil des ans, il y a eu, pour une grande partie des sous-zones, une augmentation de l'abondance du homard. L'étude a aussi révélé une structure spatiale dans la distribution de chacune des catégories de homard. Les observations suggèrent que certaines sous-zones, possiblement en raison du type d'habitat ou du niveau de productivité, favoriseraient davantage les prérecrues tandis que d'autres supporteraient plus de homards de taille commerciale. L'ensemble de ces observations a fait ressortir l'importance de tenir compte de la connectivité spatiale entre les catégories de homard pour pouvoir développer des outils de prévision du recrutement à la pêche à partir de mesures de l'abondance de prérecrues. L'échelle spatiale des prévisions doit être ajustée à l'échelle spatiale des déplacements entre les catégories de homard concernées. Une approche à plus grande échelle (zone) permet cependant de faire des prévisions plus globales. Une série temporelle plus longue est essentielle pour obtenir une meilleure appréciation des fluctuations interannuelles des PUE et pour encore mieux circonscrire les patrons spatiaux de distribution. Afin de construire un indice de recrutement ayant un pouvoir prédictif satisfaisant, il est essentiel d'augmenter la précision des estimations d'abondance, en favorisant une plus grande participation au projet (nombre de pêcheurs et nombre de casiers) et en réduisant ou quantifiant l'importance des différentes sources de variation qui sont susceptibles d'avoir un impact important sur les estimés d'abondance.

## 6.0 REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier tous les pêcheurs qui ont participé à ce projet. Ils l'ont fait avec intérêt et professionnalisme. Les auteurs remercient aussi le Regroupement des pêcheurs professionnels du sud de la Gaspésie (RPPSG) pour son soutien au projet, notamment au niveau de l'aide au recrutement des pêcheurs, au maintien de la motivation des pêcheurs et pour l'administration du projet. Les auteurs remercient Gilles Savard pour sa participation à la planification du projet et à la formation des pêcheurs. Le projet a été réalisé avec le soutien financier du programme Larocque et du PCSP. Les auteurs veulent aussi souligner la participation de Luc Bourassa à la mise en place du projet en 2006. Les auteurs remercient Magalie Hardy, Amélie Rondeau ainsi que deux réviseurs anonymes pour leurs commentaires sur une version préliminaire du manuscrit, ainsi que Denis Chabot pour ses commentaires et pour l'édition du document.

## 7.0 RÉFÉRENCES

Brown, M.B. et Forsythe, A.B. 1974. Robust tests for the equality of variances. Journal of the American Statistical Association 69 (346): 364–367.

CCRH (Conseil pour la conservation des ressources halieutiques). 1995. Un cadre pour la conservation des stocks de homard de l'Atlantique. Rapport soumis au ministre des Pêches et des Océans. Novembre 1995. 53 p. + annexes.

CCRH (Conseil pour la conservation des ressources halieutiques). 2007. Cadre de durabilité pour le homard de l'Atlantique (2007). Rapport pour le ministre des Pêches et des Océans. Juillet 2007. 60 p. + annexes.

Comeau, M., Hanson, J.M., Rondeau, A., Mallet, M. et Chassé, J. 2008. Cadre de travail et évaluation des pêcheries de homard, *Homarus americanus*, dans le sud-ouest du golfe du Saint-Laurent : ZPH 23, 24, 25, 26A et 26B. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2008/054. 111 p.

Comeau M., Smith M.D. et Mallet, M. 2009. Variability in trap catches for American lobster, *Homarus americanus*, spring fishery. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 43: 401–410.

D'Agostino R.B. et Pearson E.S. 1973. Tests for Departure from Normality, Biometrika 60: 613–22.

Ellis, S. et Pelletier, E. 2009. Ventless Trap Survey : 2008 Report to Maine Department of Marine Resources. http://www.maine.gov/dmr/rm/lobster/ventless/, date de consultation: 20-04-2011. 10 p.

Fox, J. et Weisberg, S. 2011. An {R} Companion to Applied Regression. 2$^{e}$ ed. Thousand Oaks CA: Sage. URL: http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion.

Gauthier, D. et Hazel, F. 1986. Les évents d'échappement sur les casiers à homard : détermination de la dimension optimales. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 86/71. 39 p.

Gendron, L. et Dallaire, J.-P. 1992. Effet de l'augmentation de la taille des casiers sur l'effort de pêche et le taux d'exploitation des stocks de homard *Homarus americanus* sur les côtes du Québec. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 92/117. 22 p.

Gendron, L. et Grégoire, Y. 2009. Évaluation de l'efficacité de deux types de casiers à homard utilisés aux Îles-de-la-Madeleine en 2008. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2834 : viii + 44p.

Gendron, L. et Gagnon, P. 2001. Impact de différentes mesures de gestion de la pêche au homard (*Homarus americanus*) sur la production d'œufs par recrue. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2369: vi + 31 p.

Gendron, L. et Savard, G. 2003. État des stocks de homard de la Gaspésie (Zones 19, 20 et 21) en 2002. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2003/059. 54 p.

Gendron, L. et Savard, G. 2008. Distribution et abondance des homards de grande taille en Gaspésie et impacts économiques et biologiques de l'instauration d'une taille maximale de capture. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 281 : vi + 37 p .

Gendron, L. et Savard, G. 2012. État des stocks de homard des eaux côtières du Québec (ZPH 15 à 22) en 2011 et détermination des points de référence pour la mise en œuvre d'une approche de précaution aux Îles-de-la-Madeleine (ZPH 22). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/010. 141 p.

Hardy, M. 2007. Dynamique spatio-temporelle du homard d'Amérique (*Homarus americanus*) dans le secteur de Saint-Godefroi, baie des Chaleurs, Québec, Canada : facteurs pouvant expliquer les diminutions de rendements. Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Rimouski, Rimouski, QC. xiii + 248 p.

Holm S. 1979. A simple sequentially rejective multiple test procedure. Scandinavian Journal of Statistics 6: 65–70.

Mac Donald, C., Tremblay, J. et Pezzack, D. 2001. Un indice du recrutement des homards calculé à partir des prises obtenues avec des casiers standard. *In* : Symposium sur le Programme intégré sur le homard canadien et son environnement (PINHCE): Résumés et sommaire des travaux. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2328 : 116-118.

McLeese, D. W. et Wilder, D.G. 1958. The activity and catchability of lobster (*Homarus americanus*) in relation to temperature. Journal of Fisheries Research Board Canada 15: 1345–1354.

Microsoft. 2010, Microsoft Excel. Redmond, Washington, États-Unis: Microsoft, Computer Software.

Miller R.J. 1989. Catchability of American lobsters (*Homarus americanus*) and rock crab (*Cancer irrotatus*) by traps. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46: 1652–1657.

Miller R.J. 1990. Effectiveness of crab and lobster traps. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 47: 1228–1251.

MPO. 2012. Évaluation de l'état des stocks de homard de la Gaspésie (ZPH 19, 20 et 21), Québec, en 2011. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/015.

Quinn G.P. et Keough, M.J. 2002. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge, UK Cambridge University Press. 537p.

R Development Core Team 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org.

Richards R.A., Cobb J.S. et Forgarty, M.J. 1983. Effects of behavioral interaction on catchability of American lobster, *Homarus americanus*, and two species of *Cancer* crab. Fishery Bulletin 81: 967–980.

Smolowitz, R.J. 1978. Trap design and ghost fishing: an overview. US NMFSF Mar. Fish. Rev. 40: 2–8.

Thode H.C. 2002. Testing for Normality, Marcel Dekker, New York. 482p.

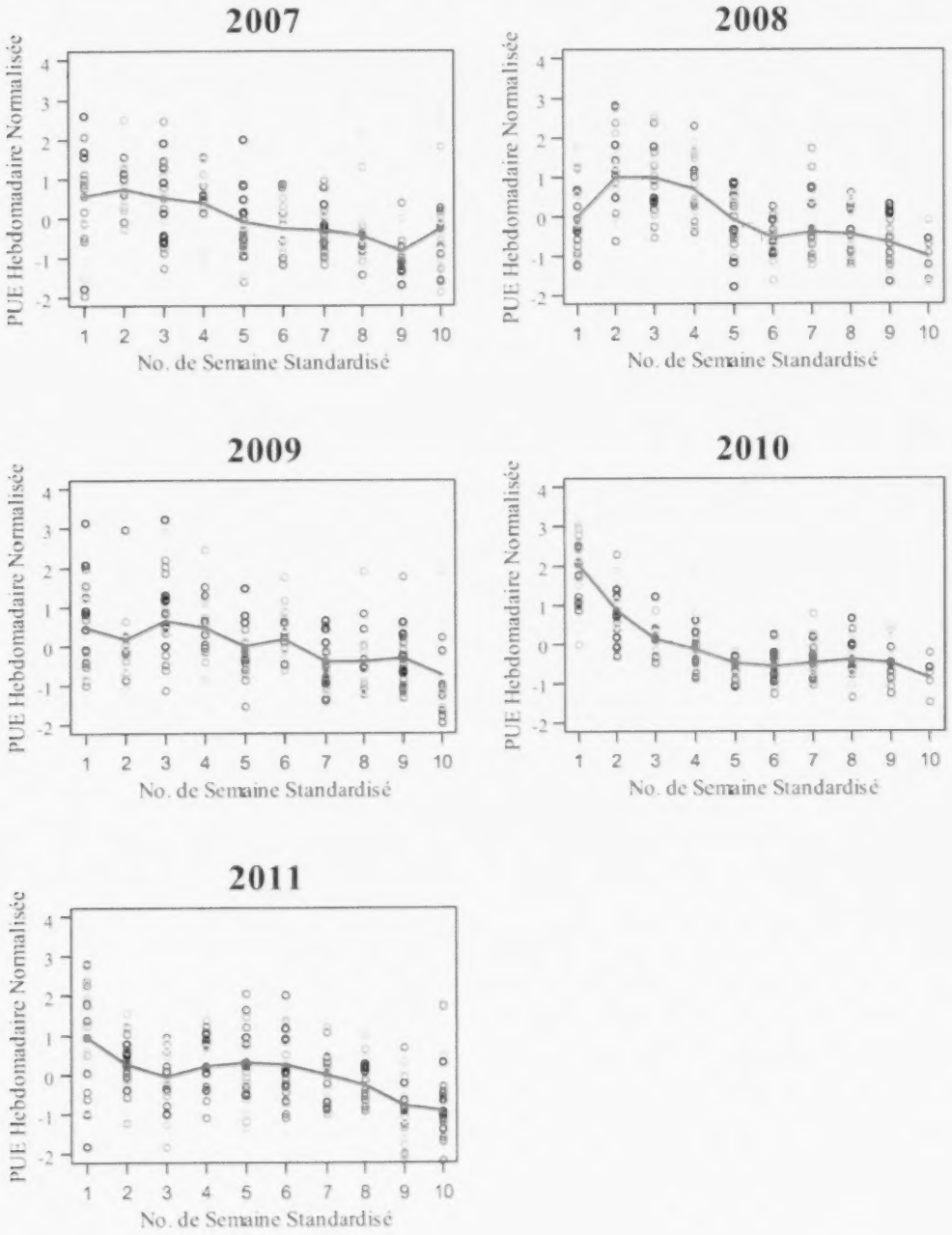
Tremblay, J., Pezzack, D., Denton, C., Reeves, A., Smith, S., Silva, A. et Allard, J. 2011. Cadre d'évaluation des stocks de homard situés au large de la côte dans l'est du Cap Breton et le long des côtes est et sud de la Nouvelle Écosse (ZPH 27 33). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2011/058. 179 p.

Tremblay, M.J., Pezzack, D.S., Denton, C., Cassista-Da Ros, M., Smith, S.J., Reeves, A.R., Silva, A. et Armsworthy, S. 2012. Évaluation des homards au large des côtes à l'est du cap Breton et dans les régions côtières à l'est et au sud de la Nouvelle-Écosse (ZPH 27 à 33). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2012/022. 114 p.

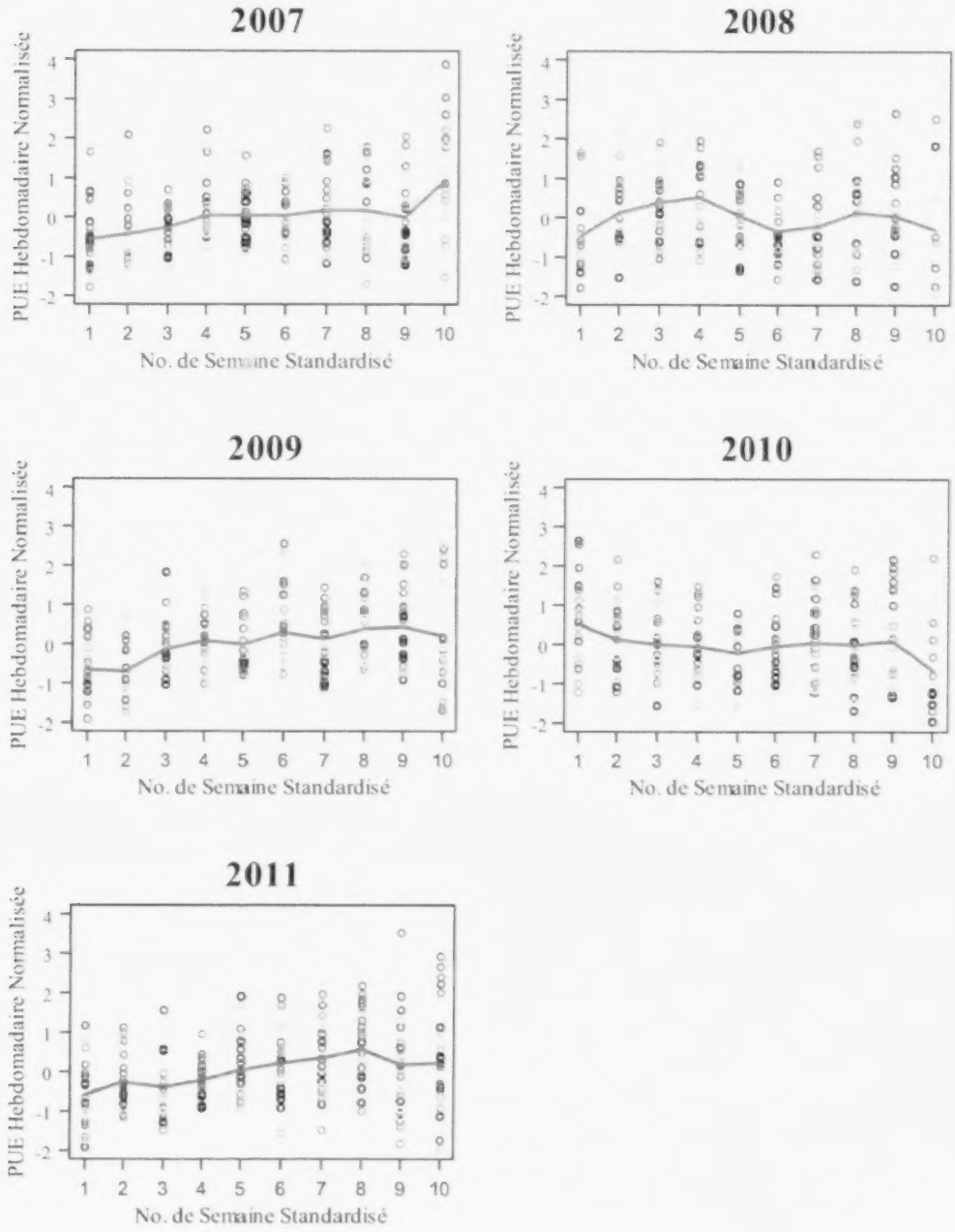
Zar J. H. 2010. Biostatistical Analysis. 5th Edition. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ. 944 p.

## 8.0 ANNEXES

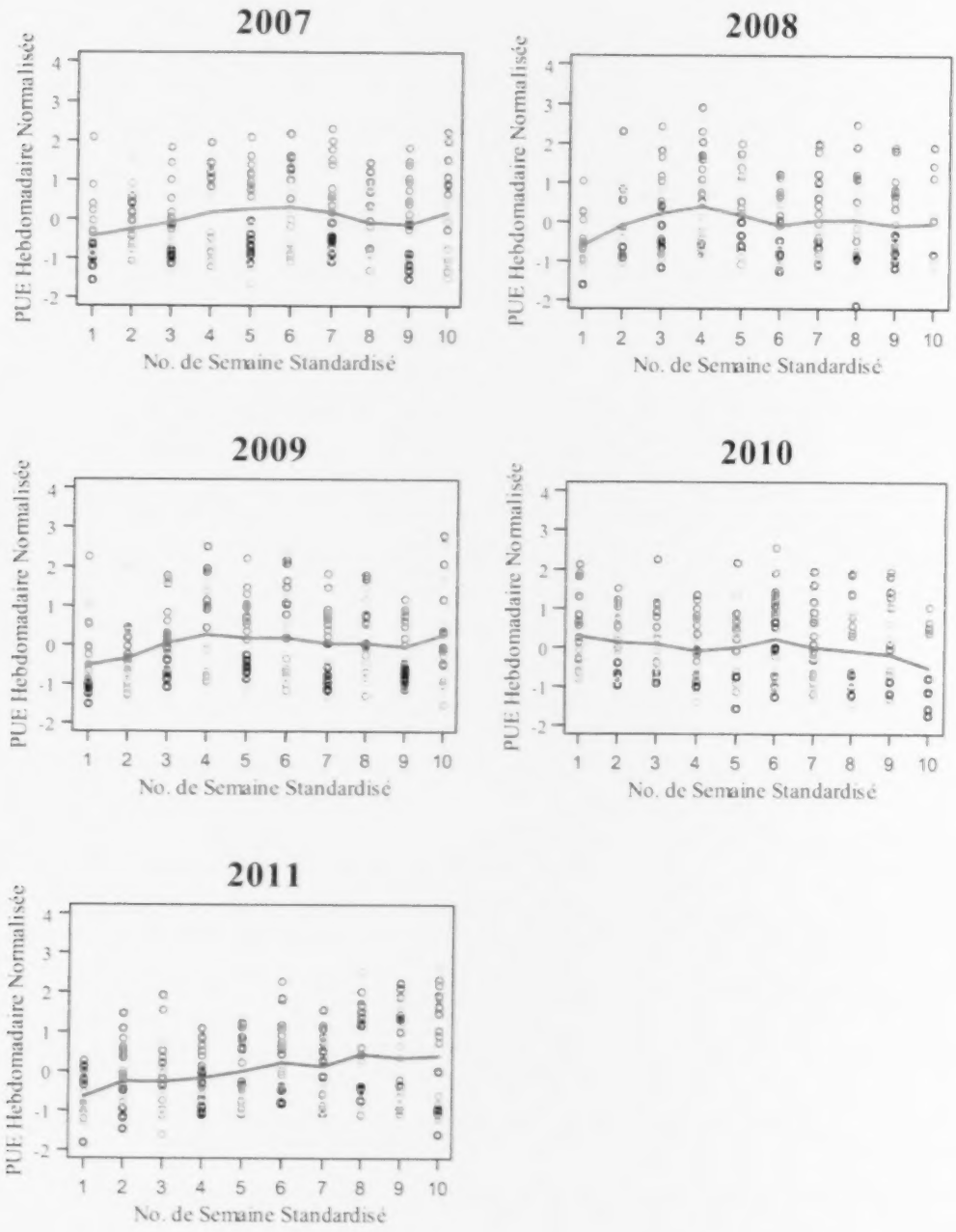
Annexe 1. Variation de la PUE hebdomadaire des COM pour chaque année. Les données ont été normalisées (centrées et réduites) par sous-zone et par année. Chaque cercle représente une sous-zone différente.



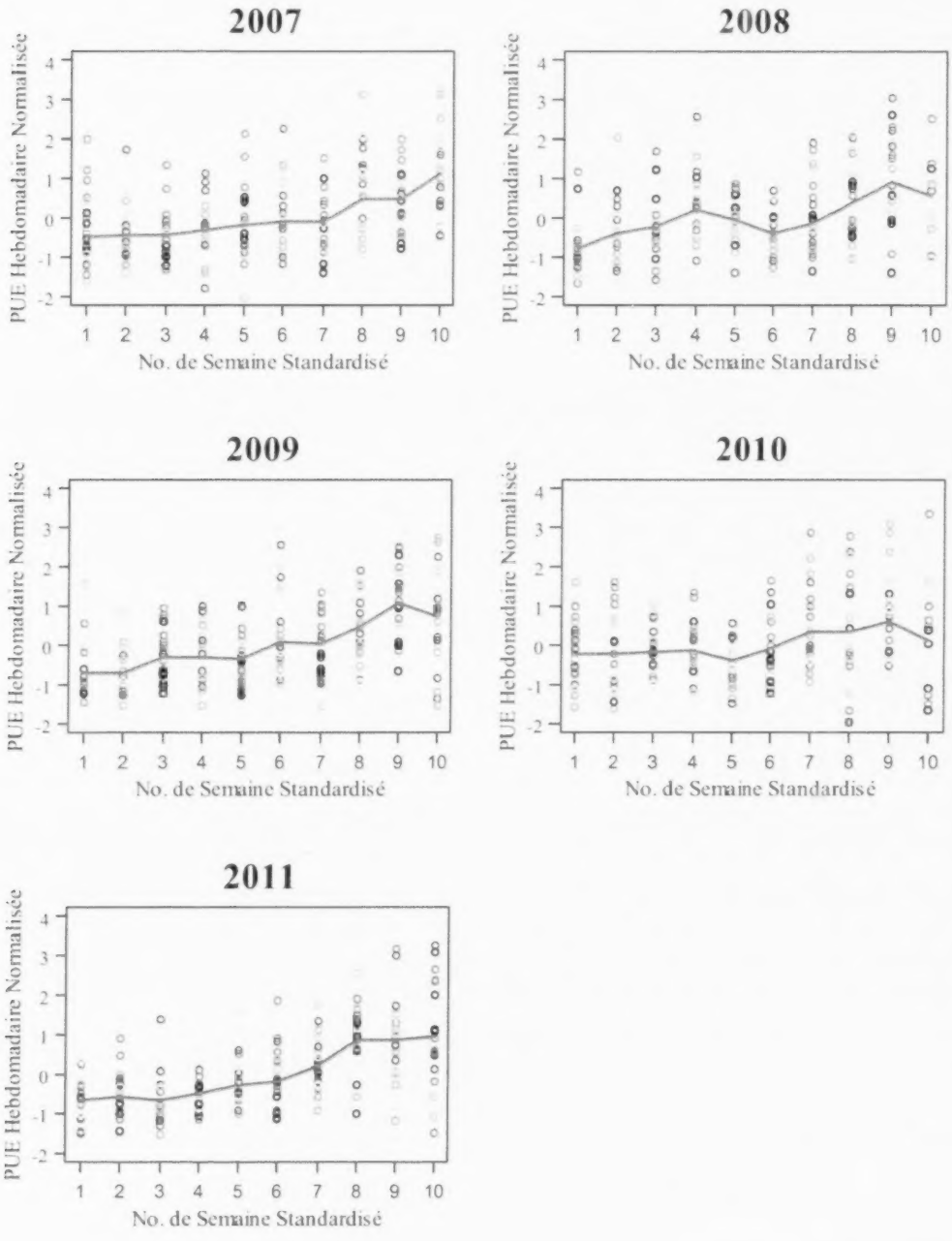
Annexe 2. Variation de la PUE hebdomadaire des PRE1 pour chaque année. Les données ont été normalisées (centrées et réduites) par sous-zone et par année. Chaque cercle représente une sous-zone différente.



Annexe 3. Variation de la PUE hebdomadaire des PRE2 pour chaque année. Les données ont été normalisées (centrées et réduites) par sous-zone et par année. Chaque cercle représente une sous-zone différente.



Annexe 4. Variation de la PUE hebdomadaire des FO pour chaque année. Les données ont été normalisées (centrées et réduites) par sous-zone et par année. Chaque cercle représente une sous-zone différente.



Annexe 5. PUE moyennes en nombre/casier (±erreur-type) pour les catégories COM, PRE1, PRE2 et FO, estimées par sous-zone pour les années 2007 à 2011.

| Catégorie | Sous-Zone | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| COM | 20A4 | 0,28 (±0,08) | 0,21 (±0,07) | 0,08 (±0,05) | 0,28 (±0,09) | 0,33 (±0,09) |
| | 20A5 | 0,43 (±0,10) | 0,62 (±0,13) | 0,73 (±0,14) | 0,78 (±0,14) | 0,98 (±0,16) |
| | 20A6 | 0,30 (±0,09) | 0,50 (±0,12) | 0,15 (±0,06) | 0,42 (±0,10) | 0,36 (±0,10) |
| | 20A7 | 0,39 (±0,10) | 0,34 (±0,10) | 0,56 (±0,12) | 1,13 (±0,18) | 0,66 (±0,14) |
| | 20A8 | 0,84 (±0,15) | 0,63 (±0,15) | 0,57 (±0,12) | 0,93 (±0,16) | 0,94 (±0,15) |
| | 20A9A | 0,53 (±0,12) | 0,37 (±0,10) | 0,92 (±0,15) | 0,27 (±0,08) | 0,64 (±0,13) |
| | 20A9 | 0,51 (±0,11) | 0,77 (±0,15) | 1,18 (±0,17) | 0,56 (±0,12) | 0,96 (±0,16) |
| | 20B1 | 0,65 (±0,13) | 0,80 (±0,14) | 0,55 (±0,12) | 0,57 (±0,12) | 0,78 (±0,14) |
| | 20B2 | 0,36 (±0,09) | 0,58 (±0,12) | 0,61 (±0,12) | 1,56 (±0,23) | 0,97 (±0,16) |
| | 20B3 | 0,61 (±0,12) | 0,62 (±0,12) | 0,40 (±0,10) | 0,58 (±0,12) | 0,62 (±0,12) |
| | 20B4 | 0,34 (±0,09) | 0,25 (±0,08) | 0,31 (±0,09) | 0,43 (±0,11) | 0,61 (±0,12) |
| | 20B5 | 0,38 (±0,10) | 0,35 (±0,09) | 0,17 (±0,07) | 0,49 (±0,12) | 0,77 (±0,14) |
| PRE1 | 20A4 | 0,82 (±0,16) | 0,53 (±0,14) | 0,56 (±0,14) | 0,86 (±0,17) | 0,70 (±0,15) |
| | 20A5 | 1,31 (±0,18) | 2,71 (±0,23) | 2,37 (±0,21) | 2,16 (±0,20) | 2,82 (±0,22) |
| | 20A6 | 0,62 (±0,15) | 0,60 (±0,15) | 0,54 (±0,14) | 1,12 (±0,17) | 0,54 (±0,14) |
| | 20A7 | 0,70 (±0,15) | 0,54 (±0,15) | 0,68 (±0,15) | 0,89 (±0,17) | 1,32 (±0,19) |
| | 20A8 | 1,47 (±0,18) | 2,33 (±0,25) | 1,85 (±0,19) | 2,64 (±0,23) | 1,92 (±0,20) |
| | 20A9A | 2,15 (±0,20) | 2,31 (±0,22) | 3,11 (±0,22) | 2,17 (±0,20) | 2,92 (±0,22) |
| | 20A9 | 1,04 (±0,17) | 1,69 (±0,20) | 1,86 (±0,19) | 1,87 (±0,19) | 1,15 (±0,17) |
| | 20B1 | 0,76 (±0,15) | 0,69 (±0,15) | 0,62 (±0,15) | 1,13 (±0,17) | 1,29 (±0,18) |
| | 20B2 | 0,75 (±0,15) | 0,74 (±0,15) | 1,14 (±0,17) | 0,70 (±0,17) | 1,89 (±0,20) |
| | 20B3 | 1,10 (±0,17) | 0,76 (±0,15) | 1,29 (±0,18) | 1,33 (±0,18) | 1,50 (±0,18) |
| | 20B4 | 2,18 (±0,20) | 2,09 (±0,21) | 2,01 (±0,20) | 3,20 (±0,24) | 3,06 (±0,22) |
| | 20B5 | 1,44 (±0,18) | 2,00 (±0,20) | 1,80 (±0,19) | 2,49 (±0,22) | 2,83 (±0,22) |

Annexe 5 (suite).

| Catégorie | Sous-Zone | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PRE2 | 20A4 | 1,26 (±0,16) | 1,22 (±0,16) | 1,85 (±0,19) | 1,65 (±0,19) | 1,34 (±0,17) |
| | 20A5 | 0,81 (±0,14) | 0,99 (±0,16) | 1,24 (±0,16) | 1,32 (±0,17) | 0,92 (±0,15) |
| | 20A6 | 1,57 (±0,18) | 1,42 (±0,18) | 1,98 (±0,19) | 1,51 (±0,18) | 2,29 (±0,20) |
| | 20A7 | 1,51 (±0,18) | 1,99 (±0,21) | 2,28 (±0,20) | 1,34 (±0,18) | 2,13 (±0,21) |
| | 20A8 | 0,63 (±0,13) | 0,85 (±0,17) | 1,15 (±0,16) | 1,18 (±0,17) | 0,98 (±0,15) |
| | 20A9A | 1,21 (±0,16) | 2,51 (±0,23) | 1,52 (±0,18) | 0,89 (±0,14) | 1,83 (±0,19) |
| | 20A9 | 0,55 (±0,12) | 1,21 (±0,17) | 1,49 (±0,17) | 1,01 (±0,15) | 1,29 (±0,17) |
| | 20B1 | 0,88 (±0,14) | 1,30 (±0,17) | 0,98 (±0,15) | 1,14 (±0,16) | 2,08 (±0,20) |
| | 20B2 | 0,75 (±0,14) | 0,77 (±0,14) | 1,03 (±0,15) | 0,22 (±0,11) | 0,73 (±0,14) |
| | 20B3 | 0,79 (±0,14) | 1,34 (±0,17) | 1,48 (±0,17) | 1,08 (±0,16) | 1,79 (±0,19) |
| | 20B4 | 1,13 (±0,16) | 1,85 (±0,20) | 0,94 (±0,15) | 1,47 (±0,18) | 0,96 (±0,15) |
| | 20B5 | 1,36 (±0,17) | 2,13 (±0,20) | 1,50 (±0,18) | 2,79 (±0,23) | 2,85 (±0,22) |
| FO | 20A4 | 0,21 (±0,07) | 0,27 (±0,08) | 0,42 (±0,10) | 0,87 (±0,14) | 0,59 (±0,11) |
| | 20A5 | 0,25 (±0,08) | 0,46 (±0,11) | 0,20 (±0,07) | 0,26 (±0,08) | 0,55 (±0,11) |
| | 20A6 | 0,88 (±0,13) | 0,14 (±0,06) | 0,09 (±0,05) | 0,18 (±0,07) | 0,28 (±0,08) |
| | 20A7 | 0,19 (±0,07) | 0,09 (±0,05) | 0,27 (±0,08) | 0,01 (±0,03) | 0,38 (±0,10) |
| | 20A8 | 0,14 (±0,06) | 0,19 (±0,08) | 0,11 (±0,05) | 0,33 (±0,09) | 0,32 (±0,08) |
| | 20A9A | 0,39 (±0,09) | 0,26 (±0,08) | 0,25 (±0,08) | 0,31 (±0,08) | 0,72 (±0,12) |
| | 20A9 | 0,11 (±0,05) | 0,36 (±0,09) | 0,45 (±0,10) | 0,52 (±0,10) | 0,45 (±0,10) |
| | 20B1 | 0,78 (±0,13) | 1,52 (±0,17) | 1,09 (±0,15) | 1,31 (±0,16) | 1,61 (±0,18) |
| | 20B2 | 0,10 (±0,05) | 0,37 (±0,09) | 0,49 (±0,10) | 0,65 (±0,14) | 0,32 (±0,08) |
| | 20B3 | 0,07 (±0,05) | 0,30 (±0,08) | 0,23 (±0,07) | 0,26 (±0,08) | 0,92 (±0,14) |
| | 20B4 | 0,19 (±0,07) | 0,38 (±0,10) | 0,20 (±0,07) | 0,43 (±0,10) | 0,33 (±0,09) |
| | 20B5 | 0,20 (±0,07) | 0,19 (±0,07) | 0,10 (±0,05) | 0,30 (±0,09) | 0,28 (±0,08) |

Les valeurs de PUE pour les COM proviennent des casiers réguliers et pour les PRE1, PRE2 et FO, des casiers modifiés.

Annexe 6. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interannuelles par sous-zone pour les COM.

| Annee | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 | 20B5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2007 - 2008 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2007 - 2009 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0984 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2007 - 2010 | 1 | 1 | 1 | 0,0100 | 1 | 1 | 1 | 1 | <0.0001 | 1 | 1 | 1 |
| 2007 - 2011 | 1 | 0,3882 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0506 | 1 | 1 | 1 |
| 2008 - 2009 | 1 | 1 | 0,5398 | 1 | 1 | 1 | 0,2694 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2008 - 2010 | 1 | 1 | 1 | 0,0027 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0058 | 1 | 1 | 1 |
| 2008 - 2011 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2009 - 2010 | 1 | 1 | 1 | 0,8807 | 1 | 0,3415 | 0,0051 | 1 | 0,0135 | 1 | 1 | 1 |
| 2009 - 2011 | 0,7206 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0009 |
| 2010 - 2011 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Annexe 7. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interzonales par année pour les COM.

| **2007** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 1 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | 0,0416 | 1 | 0,0776 | 1 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 20B1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 20B2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5563 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 20B3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,3715 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 20B5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,9212 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| **2008** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 0,3690 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | 0,6157 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 20A9 | 0,0139 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 20B1 | 0,0040 | 1 | 1 | 0,7906 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 20B2 | 0,6616 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 20B3 | 0,2959 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,1273 | 1 | 0,0483 | 1 | 1 | |
| 20B5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8556 | 1 | 1 | 1 |

Annexe 7(suite).

| **2009** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | < 0,0001 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 0,0012 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 0,0007 | 1 | 0,1023 | | | | | | | | |
| 20A8 | 0,0004 | 1 | 0,0715 | 1 | | | | | | | |
| 20A9 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | 0,3403 | 0,4693 | | | | | | |
| 20A9A | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 20B1 | 0,0008 | 1 | 0,1187 | 1 | 1 | 0,2964 | 1 | | | | |
| 20B2 | 0,0001 | 1 | 0,0258 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 20B3 | 0,0768 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0045 | 0,4837 | 1 | 1 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0001 | 0,0237 | 1 | 1 | 1 | |
| 20B5 | 1 | 0,0030 | 1 | 0,2134 | 0,1497 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,2465 | 0,0567 | 1 | 1 |

| **2010** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 0,2494 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 0,0003 | 1 | 0,0320 | | | | | | | | |
| 20A8 | 0,0218 | 1 | 0,9877 | 1 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | 1 | 1 | 0,8832 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 1 | 0,1139 | 1 | 0,0001 | 0,0085 | 1 | | | | | |
| 20B1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 20B2 | < 0,0001 | 0,4288 | < 0,0001 | 1 | 1 | 0,0032 | < 0,0001 | 0,0044 | | | |
| 20B3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0059 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | 1 | 0,0664 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0001 | 1 | |
| 20B5 | 1 | 1 | 1 | 0,3165 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0009 | 1 | 1 |

Annexe 7(suite).

| **2011** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 0,0153 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 0,0472 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | 0,0343 | 1 | 0,0995 | 1 | | | | | | | |
| 20A9 | 0,0247 | 1 | 0,0734 | 1 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 20B1 | 0,7071 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 20B2 | 0,0186 | 1 | 0,0563 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 20B3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 20B5 | 0,8380 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Annexe 8. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interannuelles par sous-zone pour les PRE1.

| Annee | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 | 20B5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2007 - 2008 | 1 | 0,0001 | 1 | 1 | 0,7677 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2007 - 2009 | 1 | 0,0138 | 1 | 1 | 1 | 0,1958 | 0,2343 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2007 - 2010 | 1 | 0,2194 | 1 | 1 | 0,0083 | 0,1673 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,1901 | 0,0386 |
| 2007 - 2011 | 1 | <0.0001 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0004 | 1 | 0,5421 | 0,0001 |
| 2008 - 2009 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2008 - 2010 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0937 | 1 |
| 2008 - 2011 | 1 | 1 | 1 | 0,1379 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0003 | 0,2543 | 0,2722 | 0,8187 |
| 2009 - 2010 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,2960 | 1 | 1 | 1 | 0,0212 | 1 |
| 2009 - 2011 | 1 | 1 | 1 | 0,9475 | 1 | 0,9478 | 1 | 0,4024 | 0,5623 | 1 | 0,0712 | 0,0618 |
| 2010 - 2011 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8316 | 1 | 1 | 0,0007 | 1 | 1 | 1 |

Annexe 9. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interzonales par année pour les PRE1.

| **2007** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 1 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 0,3299 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | 0,8817 | 1 | 0,0292 | 0,1377 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | < 0,0001 | 0,2681 | < 0,0001 | < 0,0001 | 1 | 0,0029 | | | | | |
| 20B1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,3797 | 1 | < 0,0001 | | | | |
| 20B2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,3241 | 1 | < 0,0001 | 1 | | | |
| 20B3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0095 | 1 | 1 | | |
| 20B4 | < 0,0001 | 0,1845 | < 0,0001 | < 0,0001 | 1 | 0,0017 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,0058 | |
| 20B5 | 1 | 1 | 0,0455 | 0,2011 | 1 | 1 | 1 | 0,5423 | 0,4655 | 1 | 1 |

| **2008** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | < 0,0001 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | < 0,0001 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | < 0,0001 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | | | | | | | |
| 20A9 | 0,0001 | 0,1327 | 0,0013 | 0,0003 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | 1 | 1 | | | | | |
| 20B1 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | < 0,0001 | 0,0060 | < 0,0001 | | | | |
| 20B2 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | < 0,0001 | 0,0159 | < 0,0001 | 1 | | | |
| 20B3 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | < 0,0001 | 0,0228 | < 0,0001 | 1 | 1 | | |
| 20B4 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | 1 | 1 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | |
| 20B5 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | 1 | 1 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,0001 | 1 |

Annexe 9 (suite)

| **2009** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | < 0,0001 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | < 0,0001 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | < 0,0001 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | 0,0001 | | | | | | | |
| 20A9 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | 0,0001 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,0034 | 0,0036 | | | | | |
| 20B1 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | | | | |
| 20B2 | 1 | 0,0006 | 0,8078 | 1 | 0,8625 | 0,8191 | < 0,0001 | 1 | | | |
| 20B3 | 0,1477 | 0,0112 | 0,0942 | 0,9598 | 1 | 1 | < 0,0001 | 0,3688 | 1 | | |
| 20B4 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | 1 | 1 | 0,0402 | < 0,0001 | 0,1276 | 1 | |
| 20B5 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | 0,0004 | 1 | 1 | 0,0013 | 0,0001 | 1 | 1 | 1 |

| **2010** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 0,0001 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 0,0102 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | 0,0002 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | | | | | | | |
| 20A9 | 0,0114 | 1 | 0,5306 | 0,0184 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 0,0001 | 1 | 0,0098 | 0,0001 | 1 | 1 | | | | | |
| 20B1 | 1 | 0,0130 | 1 | 1 | < 0,0001 | 0,6352 | 0,0124 | | | | |
| 20B2 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | < 0,0001 | 0,0010 | < 0,0001 | 1 | | | |
| 20B3 | 1 | 0,2971 | 1 | 1 | 0,0006 | 1 | 0,2883 | 1 | 1 | | |
| 20B4 | < 0,0001 | 0,1598 | < 0,0001 | < 0,0001 | 1 | 0,0024 | 0,1655 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | |
| 20B5 | < 0,0001 | 1 | 0,0001 | < 0,0001 | 1 | 1 | 1 | 0,0001 | < 0,0001 | 0,0060 | 1 |

Annexe 9 (suite).

| **2011** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | < 0,0001 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | < 0,0001 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | < 0,0001 | 0,1045 | | | | | | | | |
| 20A8 | 0,0001 | 0,3330 | < 0,0001 | 1 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | < 0,0001 | 0,7194 | 1 | 0,4663 | | | | | | |
| 20A9A | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,1086 | < 0,0001 | | | | | |
| 20B1 | 1 | < 0,0001 | 0,1091 | 1 | 1 | 1 | < 0,0001 | | | | |
| 20B2 | 0,0001 | 0,2333 | < 0,0001 | 1 | 1 | 0,6628 | 0,0718 | 1 | | | |
| 20B3 | 0,0916 | 0,0004 | 0,0034 | 1 | 1 | 1 | 0,0001 | 1 | 1 | | |
| 20B4 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,0184 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | 0,0116 | < 0,0001 | |
| 20B5 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,3120 | < 0,0001 | 1 | < 0,0001 | 0,2172 | 0,0004 | 1 |

Annexe 10. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interannuelles par sous-zone pour les PRE2.

| Annee | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 | 20B5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2007 - 2008 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,2101 | 0,0003 | 1 | 1 | 1 | 0,8043 | 0,5507 |
| 2007 - 2009 | 1 | 1 | 1 | 0,8025 | 1 | 0,0009 | 1 | 1 | 1 | 0,2937 | 1 | 1 |
| 2007 - 2010 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,2039 | 1 | 1 | 0,0001 |
| 2007 - 2011 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0346 | 1 | 0,0001 | 1 | 0,0019 | 1 | <0.0001 |
| 2008 - 2009 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0879 | 1 | 1 | 1 | 0,0281 | 1 |
| 2008 - 2010 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | <0.0001 | 1 | 0,1420 | 1 | 1 | 1 |
| 2008 - 2011 | 1 | 1 | 0,2766 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,4315 | 1 | 1 | 0,0475 | 1 |
| 2009 - 2010 | 1 | 1 | 1 | 0,1063 | 1 | 1 | 0,8425 | 1 | 0,0009 | 1 | 1 | 0,0011 |
| 2009 - 2011 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0010 | 1 | 1 | 1 | 0,0002 |
| 2010 - 2011 | 1 | 1 | 0,7711 | 0,8168 | 1 | 1 | 0,0088 | 0,0307 | 0,3119 | 0,5632 | 1 | 1 |

Annexe 11. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interzonales par année pour les PRE2.

| **2007** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 1 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 0,1033 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | 0,2814 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | 0,3031 | 1 | 0,0013 | 0,0046 | | | | | | | |
| 20A9 | 0,0600 | 1 | 0,0001 | 0,0006 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,6529 | 0,1426 | | | | | |
| 20B1 | 1 | 1 | 0,3640 | 0,8697 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 20B2 | 1 | 1 | 0,0315 | 0,0918 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 20B3 | 1 | 1 | 0,0723 | 0,2014 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,4941 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 20B5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0637 | 0,0105 | 1 | 1 | 0,8006 | 1 | 1 |

| **2008** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 1 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 0,5630 | 0,0178 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | 1 | 1 | 1 | 0,0034 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | 1 | 1 | 0,6557 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 0,0003 | < 0,0001 | 0,0254 | 1 | < 0,0001 | 0,0005 | | | | | |
| 20B1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0016 | | | | |
| 20B2 | 1 | 1 | 0,6985 | 0,0001 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | | | |
| 20B3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0040 | 1 | 1 | | |
| 20B4 | 1 | 0,1177 | 1 | 1 | 0,0245 | 1 | 1 | 1 | 0,0007 | 1 | |
| 20B5 | 0,0588 | 0,0010 | 1 | 1 | 0,0002 | 0,0779 | 1 | 0,2101 | < 0,0001 | 0,4231 | 1 |

Annexe 11 (suite).

| **2009** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 1 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 0,5636 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | 0,0103 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | 0,7825 | 1 | 0,1480 | 0,0018 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | 1 | 1 | 0,6192 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 1 | 1 | 1 | 0,9594 | 1 | 1 | | | | | |
| 20B1 | 0,0399 | 1 | 0,0049 | < 0,0001 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 20B2 | 0,1004 | 1 | 0,0143 | 0,0001 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 20B3 | 1 | 1 | 1 | 0,5777 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 20B4 | 0,0171 | 1 | 0,0019 | < 0,0001 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 20B5 | 1 | 1 | 1 | 0,7144 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| **2010** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 1 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 0,2197 | 1 | 0,9269 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 20B1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 20B2 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,0001 | 0,0013 | 0,0161 | 0,0001 | | | |
| 20B3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0003 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | |
| 20B5 | 0,0265 | < 0,0001 | 0,0016 | 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,0012 |

Annexe 11 (suite)

| **2011** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 1 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 0,0539 | < 0,0001 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 0,5849 | 0,0002 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | 1 | 1 | < 0,0001 | 0,0009 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | 1 | 0,0254 | 0,3172 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 1 | 0,0199 | 1 | 1 | 0,0617 | 1 | | | | | |
| 20B1 | 0,7713 | 0,0003 | 1 | 1 | 0,0011 | 0,4232 | 1 | | | | |
| 20B2 | 0,7215 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | 1 | 1 | 0,0002 | < 0,0001 | | | |
| 20B3 | 1 | 0,0384 | 1 | 1 | 0,1135 | 1 | 1 | 1 | 0,0004 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | < 0,0001 | 0,0006 | 1 | 1 | 0,0429 | 0,0007 | 1 | 0,0804 | |
| 20B5 | < 0,0001 | < 0,0001 | 1 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,0872 | 1 | < 0,0001 | 0,0468 | < 0,0001 |

Annexe 12. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interannuelles par sous-zone pour les FO.

| Annee | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 | 20B5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2007 - 2008 | 1 | 1 | <0.0001 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0570 | 0,5925 | 1 | 1 | 1 |
| 2007 - 2009 | 1 | 1 | <0.0001 | 1 | 1 | 0,1053 | 1 | 1 | 0,0170 | 1 | 1 | 1 |
| 2007 - 2010 | 0,0003 | 1 | <0.0001 | 0,4434 | 1 | 0,0117 | 1 | 1 | 0,0005 | 1 | 1 | 1 |
| 2007 - 2011 | 0,2807 | 1 | 0,0052 | 1 | 1 | 0,1053 | 1 | 0,0115 | 1 | <0.0001 | 1 | 1 |
| 2008 - 2009 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2008 - 2010 | 0,0060 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2008 - 2011 | 1 | 1 | 1 | 0,4227 | 1 | 1 | 0,1402 | 1 | 1 | 0,0031 | 1 | 1 |
| 2009 - 2010 | 0,9539 | 1 | 1 | 0,0177 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2009 - 2011 | 1 | 0,5620 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0817 | 1 | 1 | 0,0001 | 1 | 1 |
| 2010 - 2011 | 1 | 1 | 1 | 0,0004 | 1 | 1 | 0,6281 | 1 | 1 | 0,0007 | 1 | 1 |

Annexe 13. Résultats (valeurs de p) de l'analyse de comparaisons multiples interzonales par année pour les FO.

| **2007** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 1 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 0,0001 | 0,0009 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | 1 | < 0,0001 | | | | | | | | |
| 20A8 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 1 | 1 | 0,2149 | 1 | 1 | 0,6281 | | | | | |
| 20B1 | 0,0020 | 0,0141 | 1 | 0,0008 | < 0,0001 | < 0,0001 | 1 | | | | |
| 20B2 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | 1 | 0,3980 | < 0,0001 | | | |
| 20B3 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | 1 | 0,0630 | < 0,0001 | 1 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0007 | 1 | 1 | |
| 20B5 | 1 | 1 | 0,0001 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0016 | 1 | 1 | 1 |

| **2008** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 1 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 0,7234 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | 0,0517 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | 1 | 1 | 0,7119 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 20B1 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | | | | |
| 20B2 | 1 | 1 | 1 | 0,4000 | 1 | 1 | 1 | < 0,0001 | | | |
| 20B3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | 1 | 0,4159 | 1 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | |
| 20B5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | 1 |

Annexe 13 (suite).

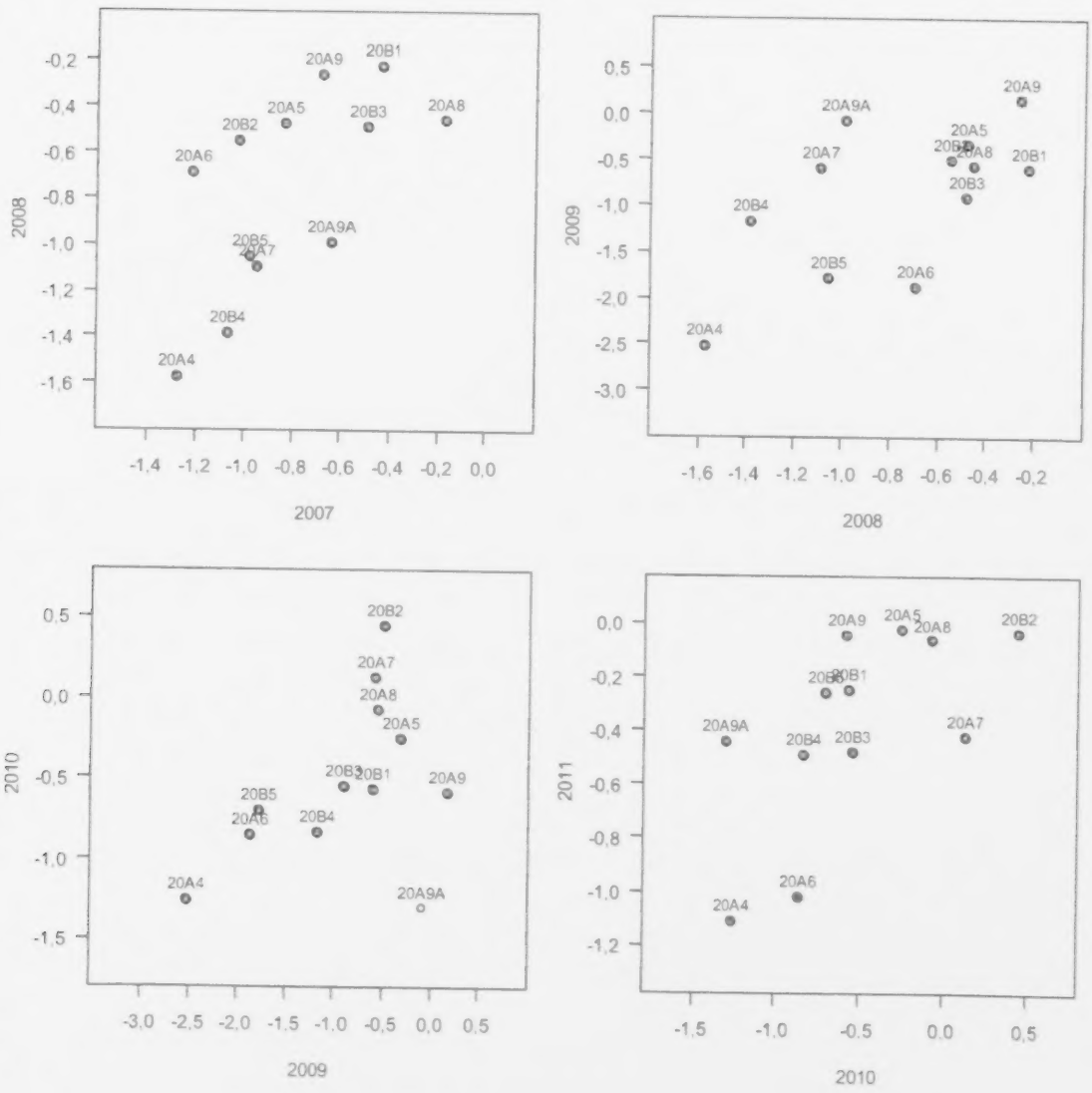
| **2009** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 1 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 0,0631 | 1 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | 0,2869 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | 1 | 0,0273 | 1 | 0,1339 | | | | | | |
| 20A9A | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 20B1 | 0,0088 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,0216 | < 0,0001 | | | | |
| 20B2 | 1 | 1 | 0,0071 | 1 | 0,0391 | 1 | 1 | 0,0772 | | | |
| 20B3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | |
| 20B5 | 0,1421 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,0641 | 1 | < 0,0001 | 0,0177 | 1 | 1 |

| **2010** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 0,0040 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | < 0,0001 | 1 | | | | | | | | | |
| 20A7 | < 0,0001 | 0,0287 | 0,7365 | | | | | | | | |
| 20A8 | 0,1007 | 1 | 1 | 0,0027 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | 1 | 0,4159 | < 0,0001 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 0,0347 | 1 | 1 | 0,0032 | 1 | 1 | | | | | |
| 20B1 | 1 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,0024 | < 0,0001 | | | | |
| 20B2 | 1 | 0,8835 | 0,0424 | < 0,0001 | 1 | 1 | 1 | 0,2845 | | | |
| 20B3 | 0,0052 | 1 | 1 | 0,0223 | 1 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | 1 | 0,0001 | 1 | 1 | 1 | 0,0001 | 1 | 1 | |
| 20B5 | 0,0353 | 1 | 1 | 0,0088 | 1 | 1 | 1 | < 0,0001 | 1 | 1 | 1 |

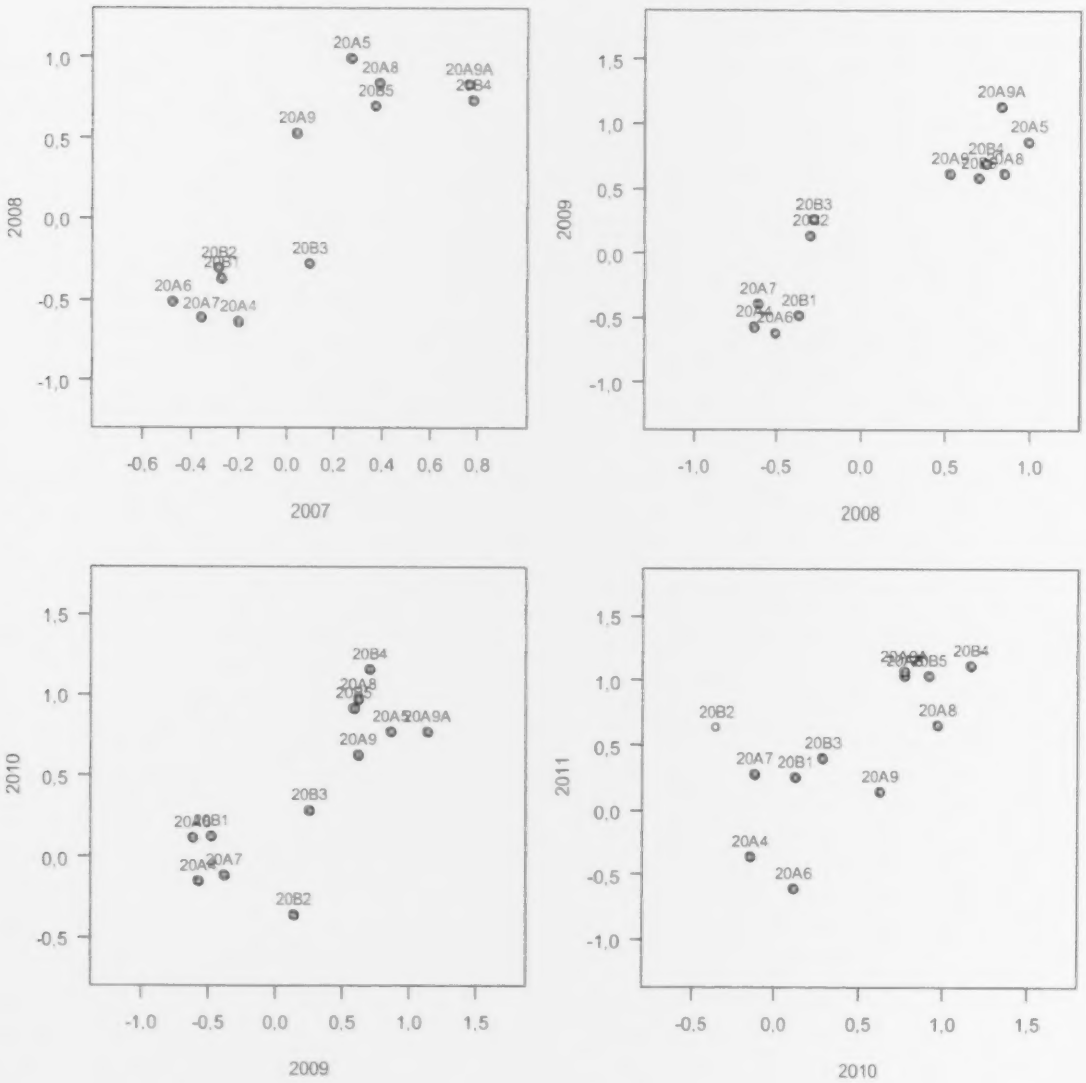
Annexe 13 (suite).

| **2011** | 20A4 | 20A5 | 20A6 | 20A7 | 20A8 | 20A9 | 20A9A | 20B1 | 20B2 | 20B3 | 20B4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20A5 | 1 | | | | | | | | | | |
| 20A6 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 20A7 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 20A8 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 20A9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 20A9A | 1 | 1 | 0,2521 | 1 | 0,6948 | 1 | | | | | |
| 20B1 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,0022 | | | | |
| 20B2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8128 | < 0,0001 | | | |
| 20B3 | 1 | 1 | 0,0018 | 0,1150 | 0,0071 | 0,5547 | 1 | 0,2897 | 0,0088 | | |
| 20B4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,9585 | < 0,0001 | 1 | 0,0110 | |
| 20B5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,1954 | < 0,0001 | 1 | 0,0013 | 1 |

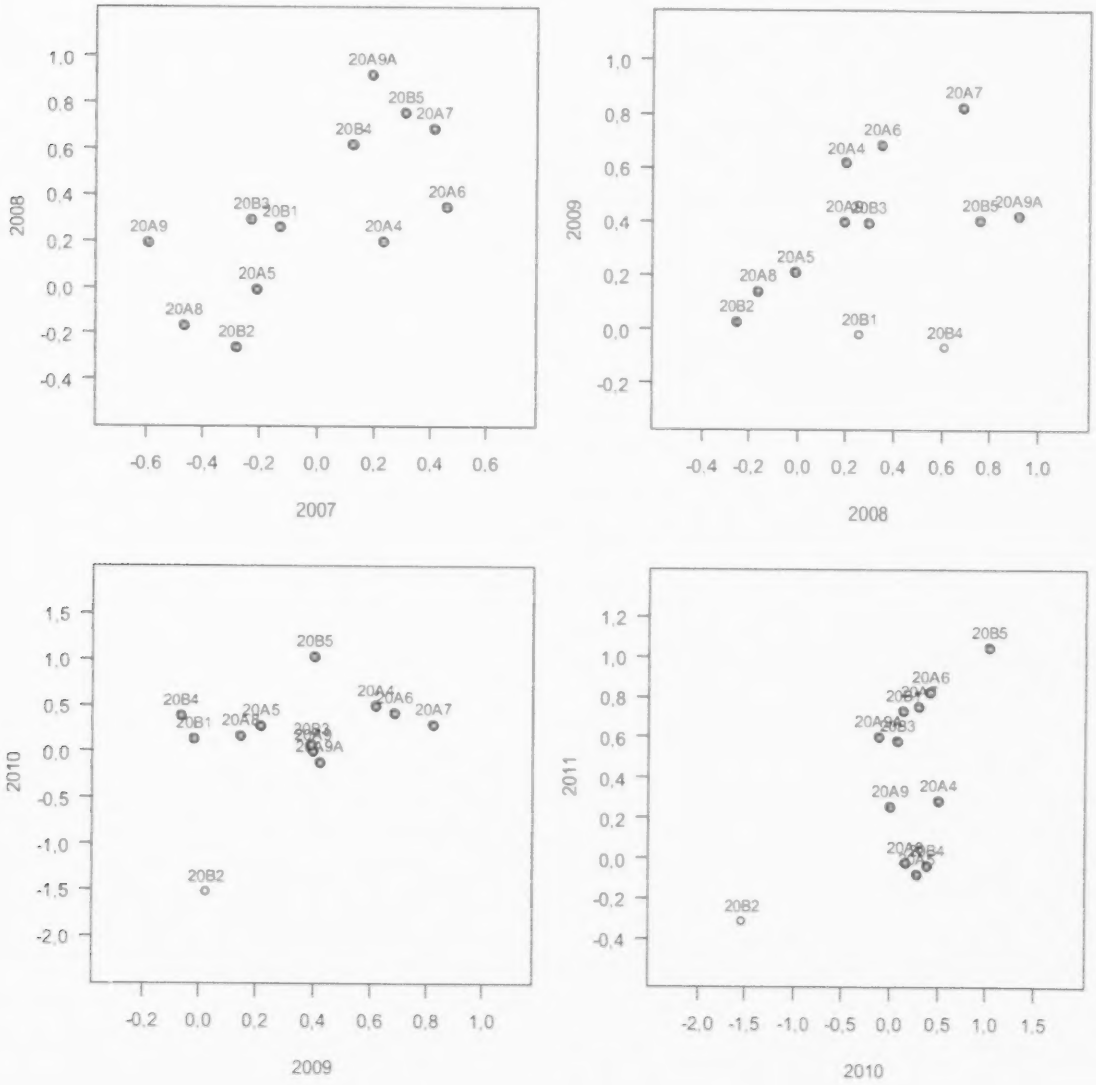
Annexe 14. Relation entre l'abondance des COM des différentes sous-zones pour deux années consécutives. L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles (logarithme népérien) et sont celles qui ont été utilisées dans les analyses de corrélations. Les cercles vides représentent des valeurs extrêmes qui ont été exclues des analyses.



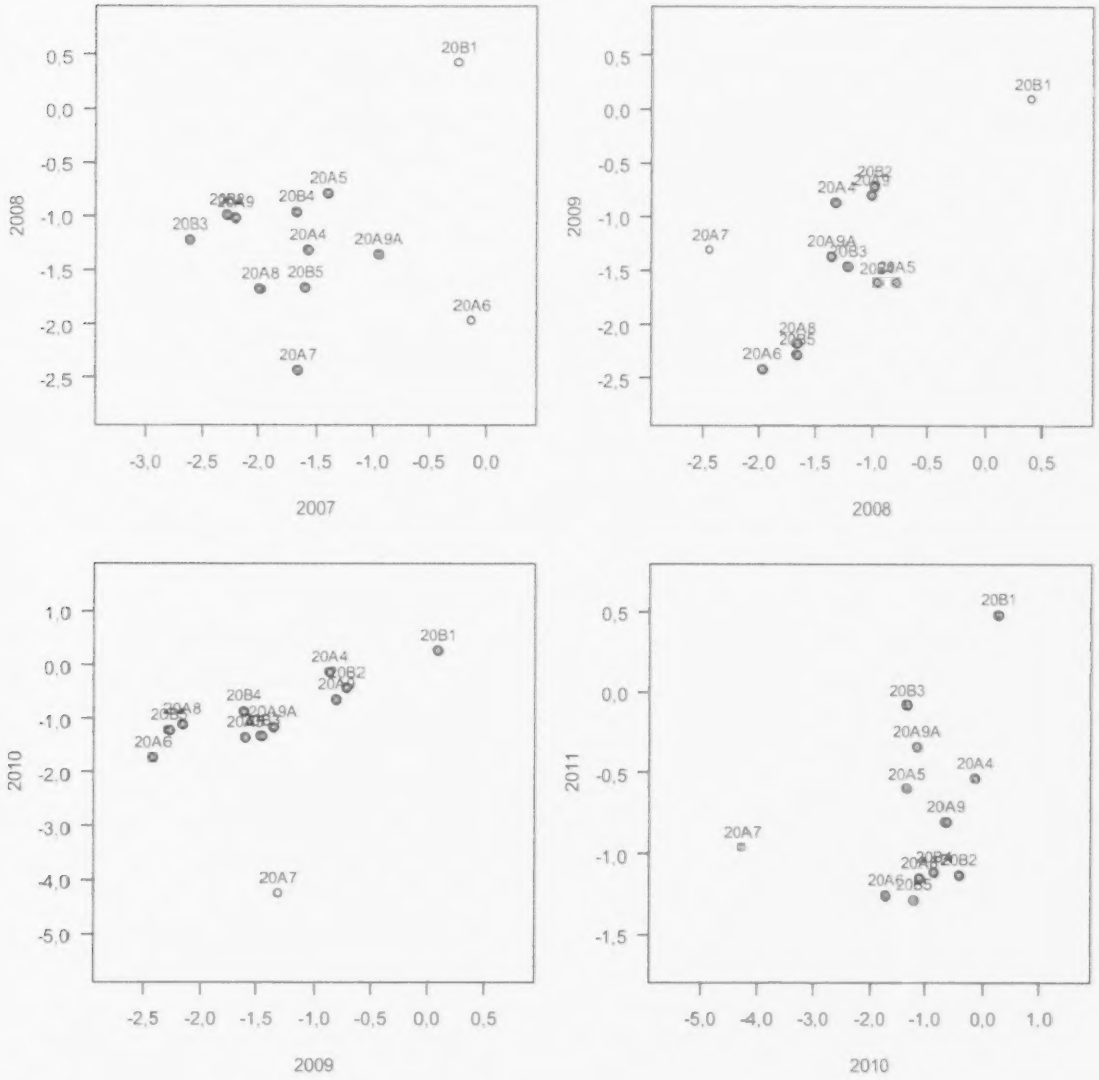
Annexe 15. Relation entre l'abondance des PRE1 de différentes sous-zones pour deux années consécutives. L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles (logarithme népérien) et sont celles qui ont été utilisées dans les analyses de corrélations. Les cercles vides représentent des valeurs extrêmes qui ont été exclues des analyses.



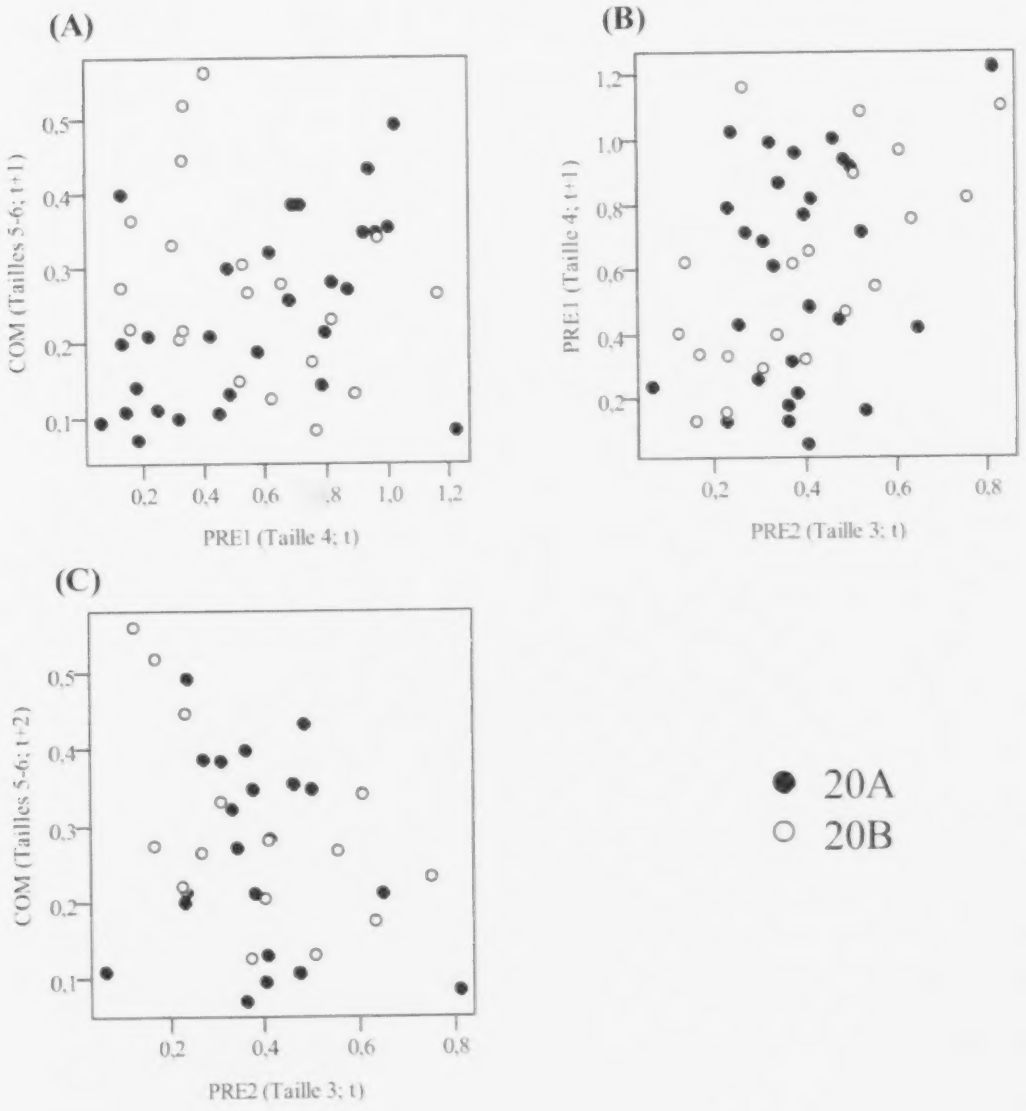
Annexe 16. Relation entre l'abondance des PRE2 de différentes sous-zones pour deux années consécutives. L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles (logarithme népérien) et sont celles qui ont été utilisées dans les analyses de corrélations. Les cercles vides représentent des valeurs extrêmes qui ont été exclues des analyses.



Annexe 17. Relation entre l'abondance des FO de différentes sous-zones pour deux années consécutives. L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles (logarithme népérien) et sont celles qui ont été utilisées dans les analyses de corrélations. Les cercles vides représentent des valeurs extrêmes qui ont été exclues des analyses.

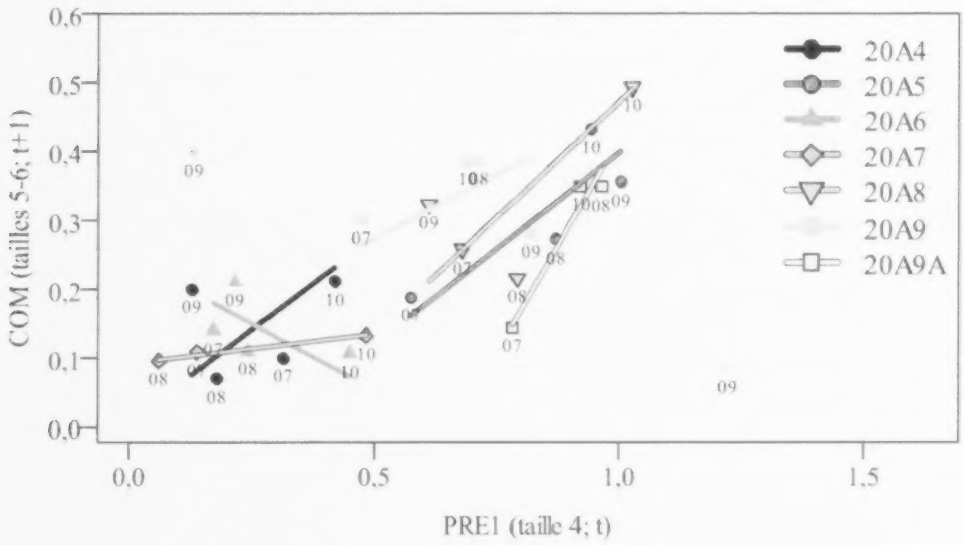


Annexe 18. Relation entre l'abondance de différentes catégories de homard (A : COM-PRE1, B : PRE1-PRE2 et C : COM-PRE2). Chaque graphique intègre les cinq années (2007 à 2011). L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles de chaque sous-zone des zones 20A et 20B.

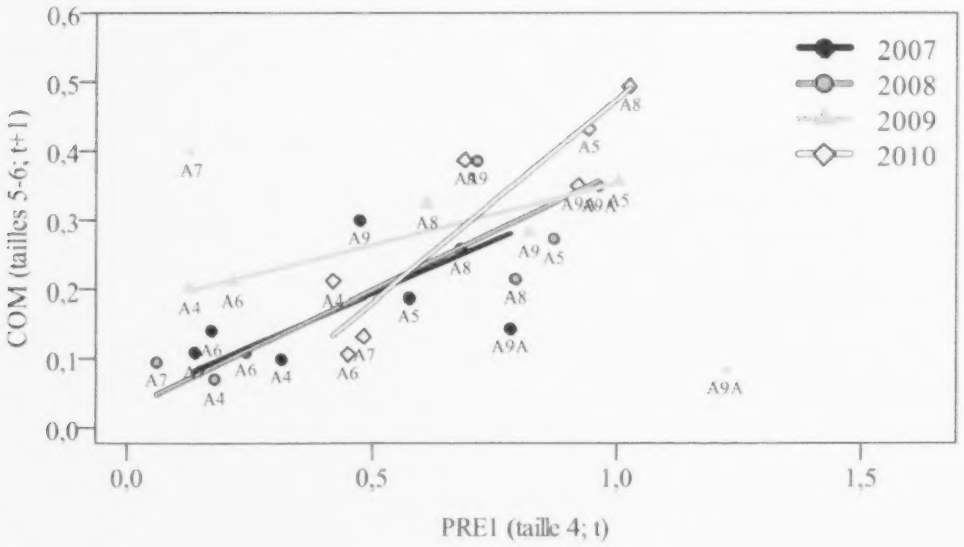


Annexe 19. Relations entre l'abondance de PRE1 (taille 4) et COM (tailles 5-6) pour des années consécutives (t = 2007- 2010 et t+1 = 2008-2011). L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles de chaque sous-zone. Les tendances de chaque sous-zone (A et C) ainsi que les tendances de chaque année (B et D) sont présentées pour chaque zone (20A : A et B , 20B : C et D) et ont été estimées par l'axe principal majeur (« standard major axis »). Les valeurs extrêmes sont identifiées par « * » et n'ont pas été considérés dans les tendances.

**(A)**

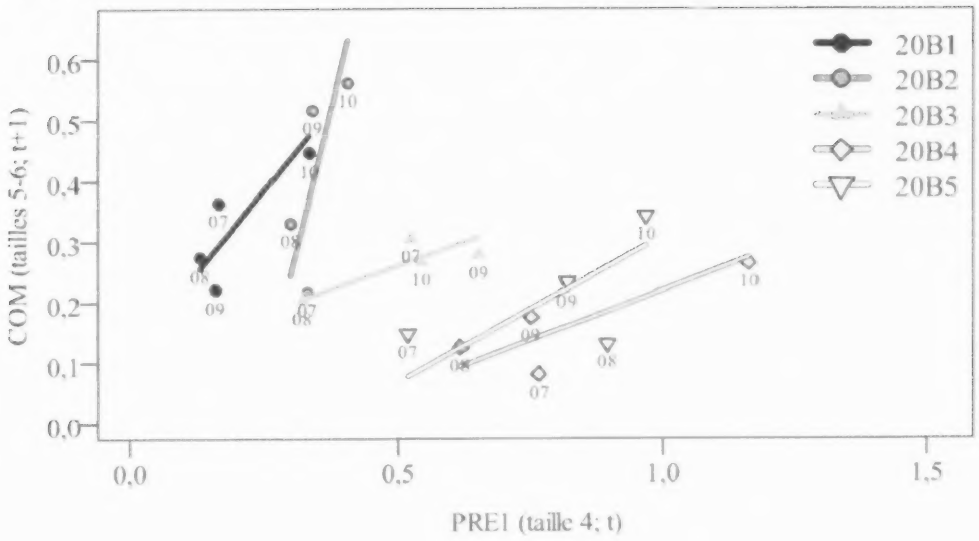



**(B)**

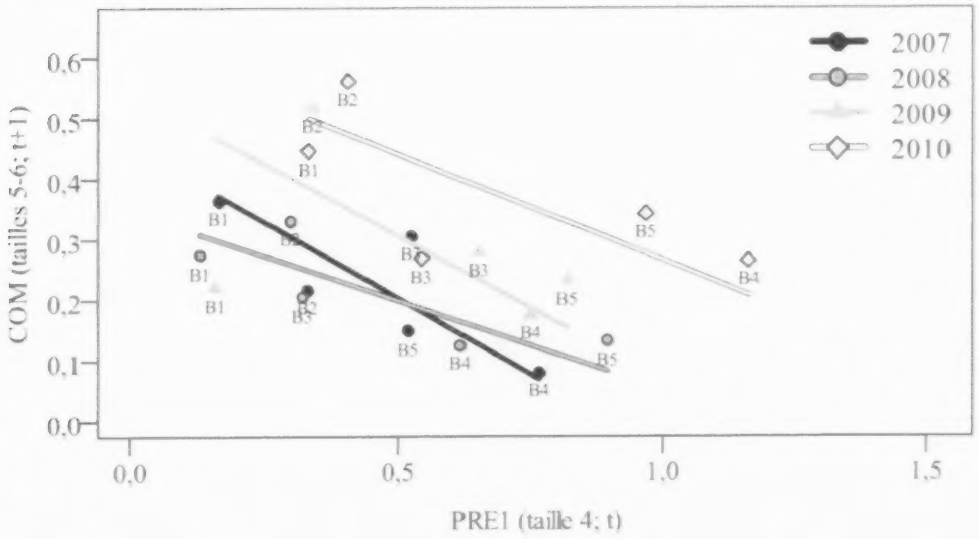


Annexe 19 (suite).

**(C)**

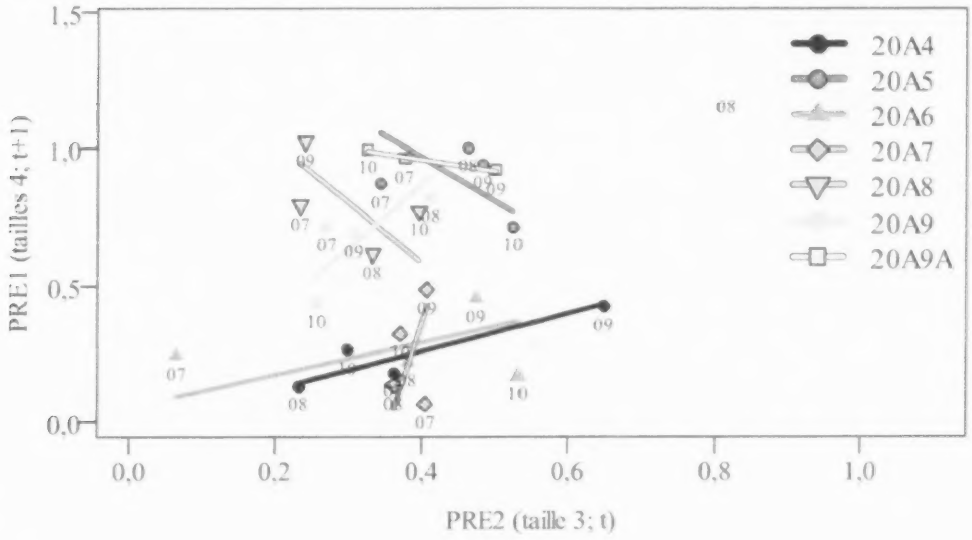



**(D)**

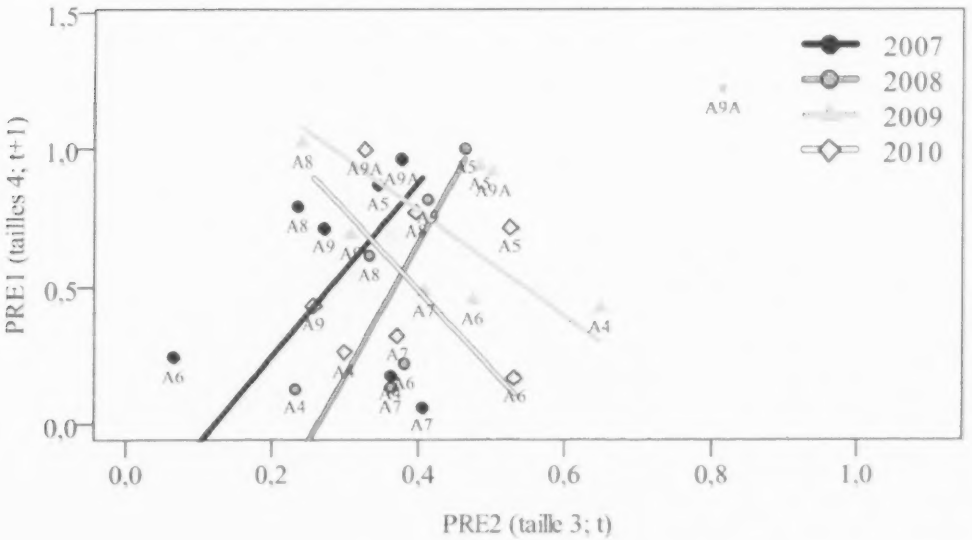


Annexe 20. Relations entre l'abondance de PRE2 (taille 3) et PRE1 (taille 4) pour des années consécutives (t = 2007- 2010 et t+1 = 2008-2011). L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles de chaque sous-zone. Les tendances de chaque sous-zone (A et C) ainsi que les tendances de chaque année (B et D) sont présentées pour chaque zone (20A : A et B , 20B : C et D) et ont été estimées par l'axe principal majeur (« standard major axis »). Les valeurs extrêmes sont identifiées par « * » et n'ont pas été considérés dans les tendances.

**(A)**

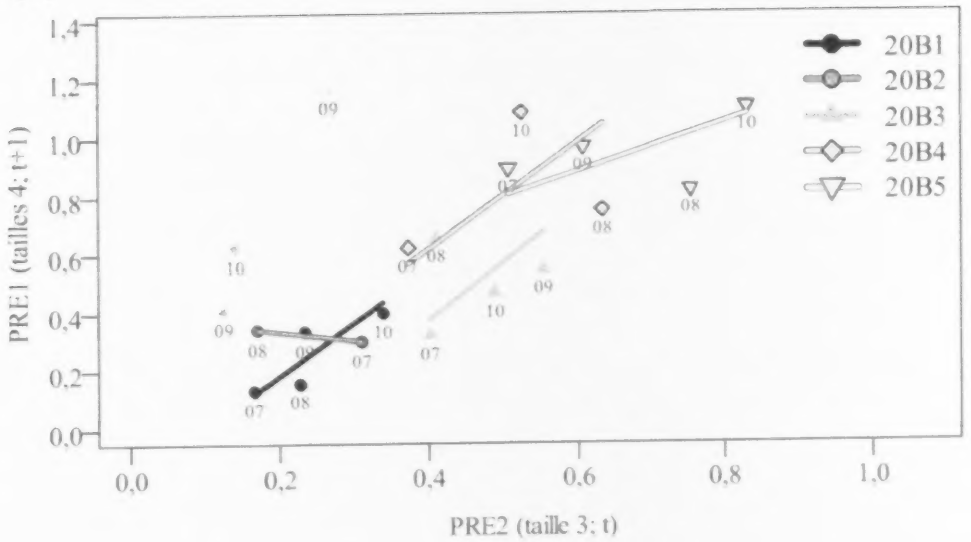



**(B)**

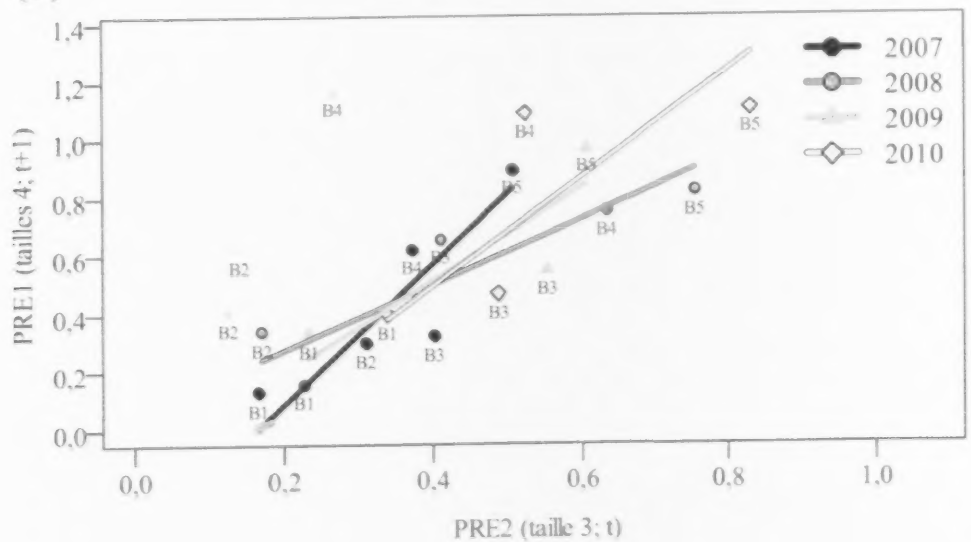


Annexe 20 (suite).

**(C)**

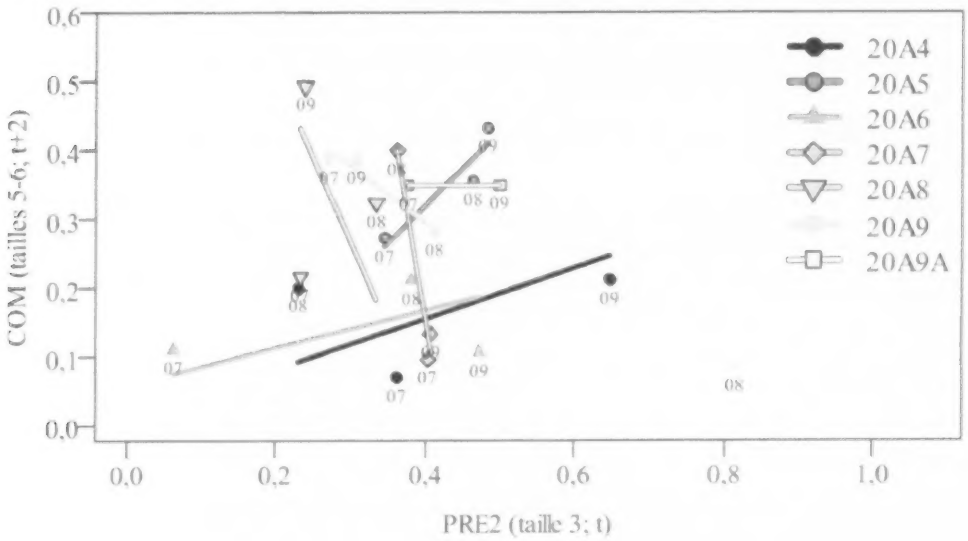



**(D)**

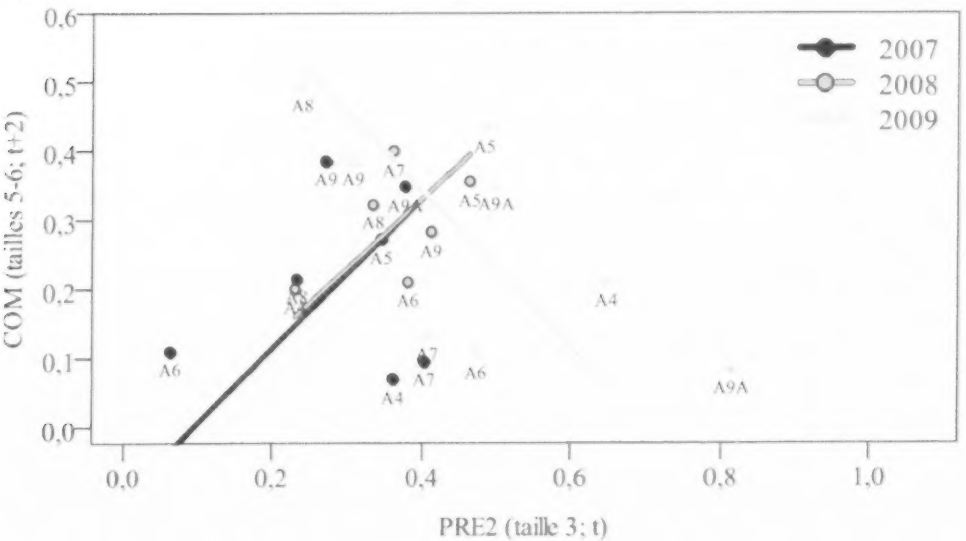


Annexe 21. Relations entre l'abondance de PRE2 (taille 3) et COM (tailles 5-6) séparé par un intervalle de deux ans (t = 2007- 2009 et t+2 = 2009-2011). L'abondance correspond aux PUE moyennes annuelles de chaque sous-zone. Les tendances de chaque sous-zone (A et C) ainsi que les tendances de chaque année (B et D) sont présentées pour chaque zone (20A : A et B , 20B : C et D) et ont été estimées par l'axe principal majeur (« standard major axis »). Les valeurs extrêmes sont identifiées par « * » et n'ont pas été considérés dans les tendances.

**(A)**

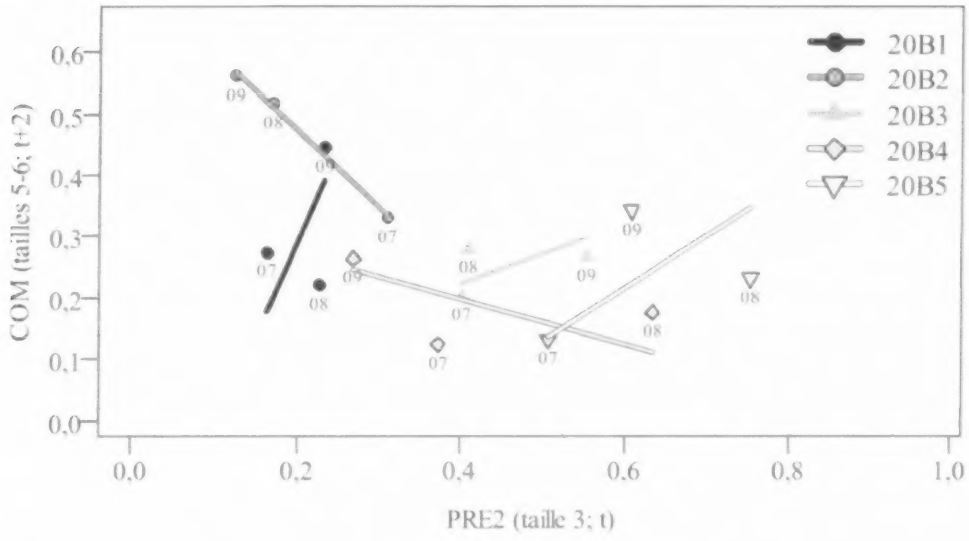


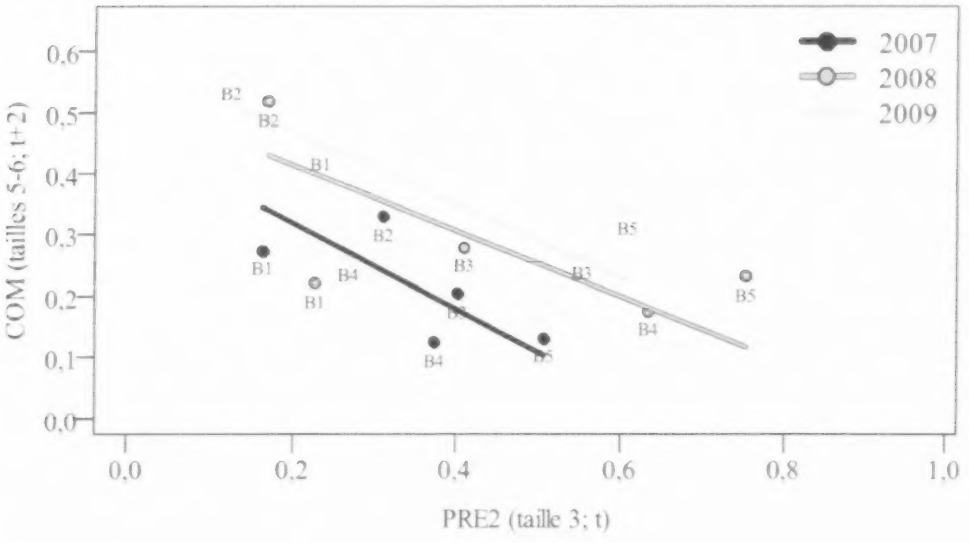

**(B)**



Annexe 21 (suite).

**(C)**




**(D)**